

# PATENT COOPERATION TREATY

PCT

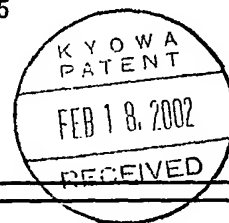
NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

YOSHITAKE, Kenji  
Kyowa Patent & Law Office  
Room 323, Fuji Bldg.  
2-3, Marunouchi 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005  
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 07 February 2002 (07.02.02)		
Applicant's or agent's file reference 132463-748		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/JP01/06353	International filing date (day/month/year) 23 July 2001 (23.07.01)	
Priority date (day/month/year) 21 July 2000 (21.07.00)		
Applicant DAI NIPPON PRINTING CO., LTD. et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has **communicated**, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this notice:

KR,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

EP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 07 February 2002 (07.02.02) under No. WO 02/11182

## REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a **demand for international preliminary examination** must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination (at present, all PCT Contracting States are bound by Chapter II).

## REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the **national phase**, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and the PCT Applicant's Guide, Volume II.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer  J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.91.11



P C T

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 132463-748	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO1/06353	国際出願日 (日.月.年) 23.07.01	優先日 (日.月.年) 21.07.00
出願人(氏名又は名称) 大日本印刷株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 4 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☐ 出願人が提出したものを承認する。

☒ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。





## 第Ⅲ欄 要約 (第1ページの5の続き)

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板2と、該シリコン基板2の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層4を有する複数の微細孔3と、該珪素酸化物層4と一体的に前記微細孔3の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズル5と、シリコン基板2の表面および側面に形成された珪素窒化物層6と、前記シリコン基板2の表面側に配設された支持部材7と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路8と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置9とを備えたものとすることにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。



12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20,  
H05K 3/10, G09F 9/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20,  
H05K 3/10, G09F 9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-167463 A (東レ株式会社) 2000. 0	1-8
Y	6. 20 全文 (ファミリーなし)	26-39
A		9-25
Y	JP 9-57981 A (セイコーエプソン株式会社) 199	1-8
Y	7. 03. 04 全文 (ファミリーなし)	26-39
Y	JP 8-71477 A (日本電気株式会社) 1996. 03.	1-8
Y	19 全文 (ファミリーなし)	26-39

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 01. 02

国際調査報告の発送日

15.01.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

一色 貞好

色印

3F

9824

電話番号 03-3581-1101 内線 3351



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y	JP 11-290746 A (武蔵エンジニアリング株式会社) 1999. 10. 26 全文 (ファミリーなし)	1-8 26-39
Y Y	JP 11-239748 A (東レ株式会社) 1999. 09. 07 全文 (ファミリーなし)	8 34-39
Y	JP 2000-189873 A (大日本印刷株式会社) 200 0. 07. 11 全文 (ファミリーなし)	26-39
A	EP 985534 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION) 200 0. 03. 15 全文 & JP 11-216870 A	9-25



## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本(出願用) - 印刷日時 2001年07月23日 (23.07.2001) 月曜日 14時09分13秒

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号.	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101 この特許協力条約に基づく国際 出願願書は、 0-4-1 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.92 (updated 01.03.2001)
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許 協力条約に従って処理されるこ とを請求する。	
0-6	出願人によって指定された受理 官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記号	132463-748
I	発明の名称	微細パターンの形成方法
II	出願人	
II-1	この欄に記載した者は	出願人である (applicant only)
II-2	右の指定国についての出願人で ある。	米国を除くすべての指定国 (all designated States except US)
II-4ja	名称	大日本印刷株式会社
II-4en	Name	DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.
II-5ja	あて名:	162-8001 日本国 東京都 新宿区 市谷加賀町一丁目1番1号
II-5en	Address:	1-1, Ichigaya-kaga-cho 1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8001 Japan
II-6	国籍 (国名)	日本国 JP
II-7	住所 (国名)	日本国 JP
III-1	その他の出願人又は発明者	
III-1-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-1-2	右の指定国についての出願人で ある。	米国のみ (US only)
III-1-4ja	氏名(姓名)	藤田 博之
III-1-4en	Name (LAST, First)	FUJITA, Hiroyuki
III-1-5ja	あて名:	171-0041 日本国 東京都 豊島区 千川一丁目9番14号
III-1-5en	Address:	9-14, Senkawa 1-chome, Toshima-ku, Tokyo 171-0041 Japan
III-1-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-1-7	住所 (国名)	日本国 JP







III-2	その他の出願人又は発明者	
III-2-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-2-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-2-4j a	氏名(姓名)	三田 吉郎
III-2-4e n	Name (LAST, First)	MITA, Yoshio
III-2-5j a	あて名:	112-0011 日本国 東京都 文京区 千石 1-6-38-B
III-2-5e n	Address:	1-6-38-B, Sengoku, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0011 Japan
III-2-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-2-7	住所 (国名)	日本国 JP
III-3	その他の出願人又は発明者	
III-3-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-3-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-3-4j a	氏名(姓名)	大東 良一
III-3-4e n	Name (LAST, First)	OHIGASHI, Ryoichi
III-3-5j a	あて名:	162-8001 日本国 東京都 新宿区 市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
III-3-5e n	Address:	c/o Dai Nippon Printing Co., Ltd., 1-1, Ichigaya-kaga-cho 1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8001 Japan
III-3-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-3-7	住所 (国名)	日本国 JP
III-4	その他の出願人又は発明者	
III-4-1	この欄に記載した者は	出願人及び発明者である (applicant and inventor)
III-4-2	右の指定国についての出願人である。	米国のみ (US only)
III-4-4j a	氏名(姓名)	土屋 勝則
III-4-4e n	Name (LAST, First)	TSUCHIYA, Katsunori
III-4-5j a	あて名:	162-8001 日本国 東京都 新宿区 市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内
III-4-5e n	Address:	c/o Dai Nippon Printing Co., Ltd., 1-1, Ichigaya-kaga-cho 1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8001 Japan
III-4-6	国籍 (国名)	日本国 JP
III-4-7	住所 (国名)	日本国 JP



IV-1	代理人又は共通の代表者、通知のあて名 下記の者は国際機関において右記のごとく出願人のために行動する。	代理人 (agent)
IV-1-1ja	氏名(姓名)	吉武 賢次
IV-1-1en	Name (LAST, First)	YOSHITAKE, Kenji
IV-1-2ja	あて名:	100-0005 日本国 東京都 千代田区 丸の内三丁目2番3号 富士ビル3 2 3号 協和特許法律事務所
IV-1-2en	Address:	Kyowa Patent & Law Office, Room 323, Fuji Bldg., 2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005 Japan
IV-1-3	電話番号	03-3211-2321
IV-1-4	ファクシミリ番号	03-3211-1386
IV-1-5	電子メール	kyowa@magical3.egg.or.jp
IV-2	その他の代理人	筆頭代理人と同じあて名を有する代理人 (additional agent(s) with same address as first named agent)
IV-2-1ja	氏名	中村 行孝; 紺野 昭男; 高村 雅晴
IV-2-1en	Name(s)	NAKAMURA, Yukitaka; KONNO, Akio; TAKAMURA, Masaharu
V	国の指定	
V-1	広域特許 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には括弧内に記載する。)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR 及びヨーロッパ特許条約と特許協力条約の締約国である他の国
V-2	国内特許 (他の種類の保護又は取扱いを求める場合には括弧内に記載する。)	KR US
V-5	指定の確認の宣言 出願人は、上記の指定に加えて、規則4.9(b)の規定に基づき、特許協力条約のもとで認められる他の全ての国の指定を行う。ただし、V-6欄に示した国の指定を除く。出願人は、これらの追加される指定が確認を条件としていること、並びに優先日から15月が経過する前にその確認がなされない指定は、この期間の経過時に、出願人によって取り下げられたものとみなされることを宣言する。	
V-6	指定の確認から除かれる国	なし (NONE)
VI-1	先の国内出願に基づく優先権主張	
VI-1-1	出願日	2000年07月21日 (21.07.2000)
VI-1-2	出願番号	特願2000-220410
VI-1-3	国名	日本国 JP



## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2001年07月23日（23.07.2001）月曜日 14時09分13秒

VI-2	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-2-1	出願日	2000年07月21日（21.07.2000）	
VI-2-2	出願番号	特願2000-220420	
VI-2-3	国名	日本国 JP	
VI-3	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-3-1	出願日	2000年07月21日（21.07.2000）	
VI-3-2	出願番号	特願2000-220421	
VI-3-3	国名	日本国 JP	
VI-4	先の国内出願に基づく優先権主張		
VI-4-1	出願日	2001年01月18日（18.01.2001）	
VI-4-2	出願番号	特願2001-10188	
VI-4-3	国名	日本国 JP	
VII-1	特定された国際調査機関(ISA)	日本国特許庁（ISA/JP）	
VIII	申立て	申立て数	
VIII-1	発明者の特定に関する申立て	-	
VIII-2	出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-	
VIII-3	先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-	
VIII-4	発明者である旨の申立て（米国を指定国とする場合）	-	
VIII-5	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て	-	
IX	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
IX-1	願書（申立てを含む）	5	-
IX-2	明細書	137	-
IX-3	請求の範囲	8	-
IX-4	要約	1	132463.txt
IX-5	図面	59	-
IX-7	合計	210	
	添付書類	添付	添付された電子データ
IX-8	手数料計算用紙	✓	-
IX-9	個別の委任状の原本		-
IX-17	PCT-EASYディスク	-	フレキシブルディスク
IX-18	その他	納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面	-
IX-19	要約書とともに提示する図の番号	1	
IX-20	国際出願の使用言語名:	日本語	
X-1	提出者の記名押印		
X-1-1	氏名(姓名)	吉武 賢次	
X-2	提出者の記名押印		
X-2-1	氏名(姓名)	中村 行孝	



## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2001年07月23日（23.07.2001）月曜日 14時09分13秒

X-3	提出者の記名押印	
X-3-1	氏名(姓名)	紺野 昭男
X-4	提出者の記名押印	
X-4-1	氏名(姓名)	高村 雅晴

## 受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類 の実際の受理の日	
10-2	図面：	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類 を補完する書類又は図面であつ てその後期間内に提出されたも のの実際の受理の日（訂正日）	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づ く必要な補完の期間内の受理の 日	
10-5	出願人により特定された国際調 査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際 調査機関に調査用写しを送付し ていない	

## 国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--





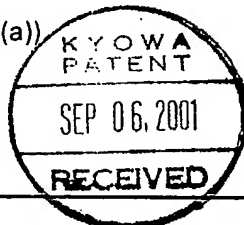
## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF RECEIPT OF  
RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))



To:

YOSHITAKE, Kenji  
Kyowa Patent & Law Office  
Room 323, Fuji Bldg.  
2-3, Marunouchi 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005  
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 28 August 2001 (28.08.01)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference 132463-748	International application No. PCT/JP01/06353

The applicant is hereby notified that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

DAI NIPPON PRINTING CO., LTD. (for all designated States except US)  
FUJITA, Hiroyuki et al (for US)

International filing date : 23 July 2001 (23.07.01)  
Priority date(s) claimed : 21 July 2000 (21.07.00)  
21 July 2000 (21.07.00)  
21 July 2000 (21.07.00)  
18 January 2001 (18.01.01)

Date of receipt of the record copy  
by the International Bureau : 03 August 2001 (03.08.01)

List of designated Offices :

EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR  
National : KR, US

## ATTENTION

The applicant should carefully check the data appearing in this Notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau.

In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex, relating to:

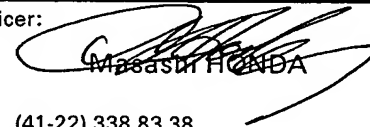
- ☒ time limits for entry into the national phase  
☒ confirmation of precautionary designations  
☒ requirements regarding priority documents

A copy of this Notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

  
Masashi HONDA

Telephone No. (41-22) 338.83.38



## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

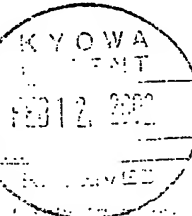
From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

To:

YOSHITAKE, Kenji  
Kyowa Patent & Law Office  
Room 323, Fuji Bldg.  
2-3, Marunouchi 3-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005  
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 31 January 2002 (31.01.02)	
Applicant's or agent's file reference 132463-748	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP01/06353	International filing date (day/month/year) 23 July 2001 (23.07.01)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 21 July 2000 (21.07.00)
Applicant DAI NIPPON PRINTING CO., LTD. et al	

- The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
- An asterisk(\*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
21 July 2000 (21.07.00)	2000-220410	JP	18 Janu 2002 (18.01.02)
21 July 2000 (21.07.00)	2000-220420	JP	18 Janu 2002 (18.01.02)
21 July 2000 (21.07.00)	2000-220421	JP	18 Janu 2002 (18.01.02)
18 Janu 2001 (18.01.01)	2001-10188	JP	18 Janu 2002 (18.01.02)

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer

PETRESKA Gorica

Telephone No. (41-22) 338.83.38



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年2月7日 (07.02.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/011182 A3

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B05B 1/14, B05C 5/00,  
G02B 5/20, H05K 3/10, G09F 9/00

特願2001-10188 2001年1月18日 (18.01.2001) JP

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/06353

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2001年7月23日 (23.07.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(72) 発明者; および

(26) 国際公開の言語: 日本語

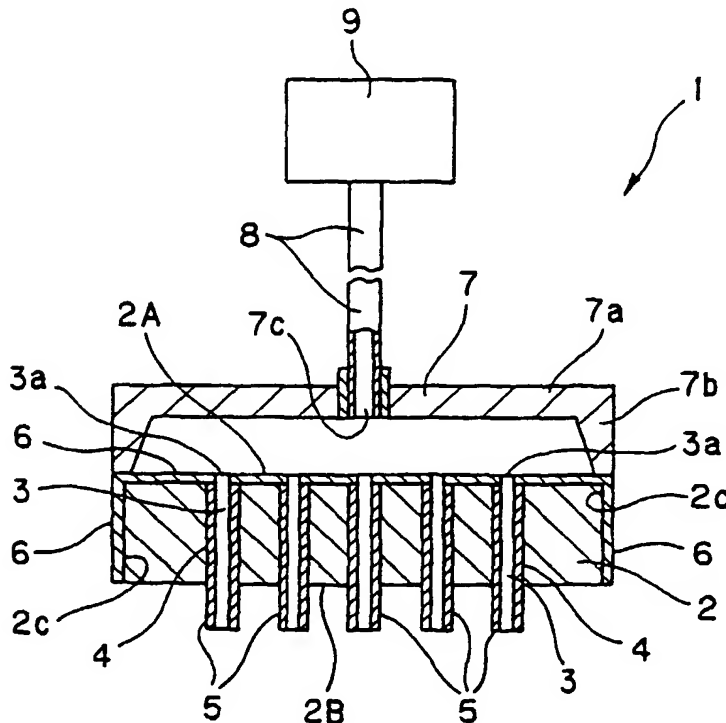
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤田博之 (FUJITA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒171-0041 東京都豊島区千川一丁目9番14号 Tokyo (JP). 三田吉郎 (MITA, Yoshio) [JP/JP]; 〒112-0011 東京都文京区千石1-6-38-B Tokyo (JP). 大東良一 (OHIGASHI, Ryoichi) [JP/JP]. 土屋勝則 (TSUCHIYA, Katsunori) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).

(30) 優先権データ:  
特願2000-220410 2000年7月21日 (21.07.2000) JP  
特願2000-220420 2000年7月21日 (21.07.2000) JP  
特願2000-220421 2000年7月21日 (21.07.2000) JP

[続葉有]

(54) Title: FINE PATTERN DRAWING METHOD

(54) 発明の名称: 微細パターンの形成方法



(57) Abstract: A fine pattern drawing apparatus for drawing a fine pattern directly in ink with high precision, a method for fabricating a fine nozzle that such a fine pattern drawing apparatus has, and a method for drawing a fine pattern are disclosed. The fine pattern drawing apparatus comprises a silicon base, fine holes extending through the silicon base from its front surface to its back surface and having silicon oxide layers on their walls, fine nozzles projecting from the back surface of the silicon base and extending from the openings of the fine holes integrally with the silicon oxide layers, silicon nitride layers formed on the front and side surfaces of the silicon base, a support member provided to the front surface of the silicon base, an ink passage for supplying ink to the openings of the fine holes in the front surface, and an ink supply connected to the ink passage.

[続葉有]



(74) 代理人: 吉武賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒  
100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士  
ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(88) 国際調査報告書の公開日: 2002 年 8 月 22 日

(81) 指定国 (国内): KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板 2 と、該シリコン基板 2 の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層 4 を有する複数の微細孔 3 と、該珪素酸化物層 4 と一体的に前記微細孔 3 の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズル 5 と、シリコン基板 2 の表面および側面に形成された珪素窒化物層 6 と、前記シリコン基板 2 の表面側に配設された支持部材 7 と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路 8 と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置 9 とを備えたものとするにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06353

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl <sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20, H05K 3/10, G09F 9/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20, H05K 3/10, G09F 9/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-167463 A (Toray Industries, Inc.),	1-8
Y	20 June, 2000 (20.06.2000),	26-39
A	Full text (Family: none)	9-25
Y	JP 9-57981 A (Seiko Epson Corporation),	1-8
Y	04 March, 1997 (04.03.1997),	26-39
	Full text (Family: none)	
Y	JP 8-71477 A (NEC Corporation),	1-8
Y	19 March, 1996 (19.03.1996),	26-39
	Full text (Family: none)	
Y	JP 11-290746 A (Musashi Engineering K.K.),	1-8
Y	26 October, 1999 (26.10.1999),	26-39
	Full text (Family: none)	
Y	JP 11-239748 A (Toray Industries, Inc.),	8
Y	07 September, 1999 (07.09.1999),	34-39
	Full text (Family: none)	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 08 January, 2002 (08.01.02)		Date of mailing of the international search report 15 January, 2002 (15.01.02)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06353

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-189873 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 11 July, 2000 (11.07.2000), Full text (Family: none)	26-39
A	EP 985534 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION), 15 March, 2000 (15.03.2000), Full text & JP 11-216870 A	9-25



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20,  
H05K 3/10, G09F 9/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> B05B 1/14, B05C 5/00, G02B 5/20,  
H05K 3/10, G09F 9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y A	JP 2000-167463 A (東レ株式会社) 2000. 0 6. 20 全文 (ファミリーなし)	1-8 26-39 9-25
Y Y	JP 9-57981 A (セイコーエプソン株式会社) 199 7. 03. 04 全文 (ファミリーなし)	1-8 26-39
Y Y	JP 8-71477 A (日本電気株式会社) 1996. 03. 19 全文 (ファミリーなし)	1-8 26-39

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 01. 02

国際調査報告の発送日

15.01.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

一色 貞好 印

3F

9824

電話番号 03-3581-1101 内線 3351

## C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y	JP 11-290746 A (武蔵エンジニアリング株式会社) 1999. 10. 26 全文 (ファミリーなし)	1-8 26-39
Y Y	JP 11-239748 A (東レ株式会社) 1999. 09. 07 全文 (ファミリーなし)	8 34-39
Y	JP 2000-189873 A (大日本印刷株式会社) 200 0. 07. 11 全文 (ファミリーなし)	26-39
A	EP 985534 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION) 200 0. 03. 15 全文 & JP 11-216870 A	9-25

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 2 月 7 日 (07.02.2002)

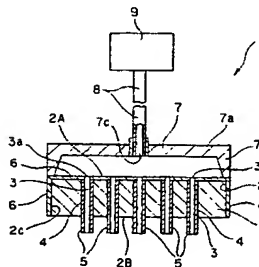
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/11182 A2

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 一丁目9番14号 Tokyo (JP). 三田吉郎 (MITA, Yoshio) [JP/JP]; 〒112-0011 東京都文京区千石1-6-38-B Tokyo (JP). 大東良一 (OHIGASHI, Ryoichi) [JP/JP]. 土屋勝則 (TSUCHIYA, Katsunori) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06353
- (22) 国際出願日: 2001 年 7 月 23 日 (23.07.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (74) 代理人: 吉武賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:  
特願2000-220410 2000 年 7 月 21 日 (21.07.2000) JP  
特願2000-220420 2000 年 7 月 21 日 (21.07.2000) JP  
特願2000-220421 2000 年 7 月 21 日 (21.07.2000) JP  
特願2001-10188 2001 年 1 月 18 日 (18.01.2001) JP
- (81) 指定国 (国内): KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書なし; 報告書を受け取り次第公開される。
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤田博之 (FUJITA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒171-0041 東京都豊島区千川
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: FINE PATTERN DRAWING METHOD

(54) 発明の名称: 微細パターンの形成方法



(57) Abstract: A fine pattern drawing apparatus for drawing a fine pattern directly in ink with high precision, a method for fabricating a fine nozzle that such a fine pattern drawing apparatus has, and a method for drawing a fine pattern are disclosed. The fine pattern drawing apparatus comprises a silicon base, fine holes extending through the silicon base from its front surface to its back surface and having silicon oxide layers on their walls, fine nozzles projecting from the back surface of the silicon base and extending from the openings of the fine holes integrally with the silicon oxide layers, silicon nitride layers formed on the front and side surfaces of the silicon base, a support member provided to the front surface of the silicon base, an ink passage for supplying ink to the openings of the fine holes in the front surface, and an ink supply connected to the ink passage.

[続葉有]



---

(57) 要約:

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えたものとするにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。

## 明 細 書

## 微細パターンの形成方法

技術分野

本発明は、微細パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および微細パターンの形成方法に係り、特に液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス等のフラットディスプレイ製造のパターン形成やプリント配線板の導体パターン形成、および修正等に応用できる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置に用いられる微細ノズルの製造方法、および、上記のような微細パターンの形成方法に関する。

発明の背景

例えば、液晶ディスプレイ用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成は、フォトリソグラフィ法、印刷法、電着法等により行なわれている。これらの形成方法の中でも、精度、外観品位の点でフォトリソグラフィ法が優れている。また、プリント配線板の導体パターンの形成においても、高精度な配線が可能なフォトリソグラフィ法が用いられている。

フォトリソグラフィ法によるカラーフィルタの製造の一例では、スパッタリングや蒸着等で成膜されたクロム等の金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、フォトマスクを介して露光、現像によりレジストパターンを作製し、これをマスクとして金属薄膜をエッチングでパターンングすることによりブラックマトリックスが形成される。次に、着色顔料を含有する感光性レジストを塗布した後、フォトマスクを介して露光、現像することによりカラーフィルタの着色層が形成される。一方、プリント配線板は、銅めっき層上に感光性レジストのパターンを形成し、これをマスクとして銅めっき層をエッチングすることにより導体パターンが製造される。

しかし、上述のようなフォトリソグラフィ法を用いたカラーフィルタのパターン形成、導体パターン形成等の従来の微細パターン形成は工程が複雑であり、製造コストの低減に支障を来たしていた。

### 発明の開示

本発明は上述のような実情に鑑みてなされたものであり、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供することを目的とする。

このような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

そして、前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $2 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有するような構成とした。

そして、前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $4 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。

また、上述の微細パターン形成装置において、前記微細ノズルの突出長が $1 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲内にあるような構成とした。

また、上述の微細パターン形成装置において、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

さらに、前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成する第1の工程、前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有するような構成とした。

そして、前記第4の工程において、前記マスクパターンを除去した面からエッチングを行うような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、該マスク薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第2の工程、前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第

3の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパ用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパ状凹部を形成する第2の工程、シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパ状凹部が形成されていないシリコン基板面のマスク薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパ状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつマスクパターンを形成する第3の工程、前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパ状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、テーパ状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成



## 5

した表面結晶方位<1 0 0>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第3の工程、シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側のマスク薄膜をパターンニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第4の工程、前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第5の工程、前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第6の工程、前記珪素窒化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第1の工程、前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に

露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、次に該マスク薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成するとともに、他方の面のマスク薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第2の工程、前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第3の工程、前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

このような本発明では、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されたパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

また、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、

シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層の厚みが前記微細ノズルの厚みの2倍以上であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層が珪素酸化物およびリン珪素ガラスのいずれかにより形成されたものであるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細ノズルの開口径が1～100 $\mu\text{m}$ の範囲内、微細ノズルの形成ピッチが4～1000 $\mu\text{m}$ の範囲内であるような構成、前記微細ノズルの突出長が1～400 $\mu\text{m}$ の範囲内にあるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔が2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

さらに、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記撥水性層がフルオロカーボンで形成されたものであるような構成とした。

このような本発明では、微細ノズルは補強層により機械的強度が高いものとされ、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えること

によりインキ付着量を任意に変えることができる。

さらに、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されているような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記対向電極がドラム形状および平板形状のいずれかであるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の開口径が $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、前記微細孔の形成ピッチは $2 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。

さらに、本発明の微細パターン形成装置は、前記ノズルの突出長が $10 \sim 400 \mu\text{m}$ の範囲内にあるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。

また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成、さらに、各微細孔グループごとに別個の主電極を備えるような構成とした。

本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを

各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成するような構成とした。

また、上記のパターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成するような構成とした。

また、本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成するような構成とした。

そして、上述の主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御するような構成とした。

このような本発明では、供給されたインキは、主電極と対向電極間に形成される電界と供給時の低圧力とによりシリコン基板の微細孔から吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画がなされ、電界強度とインキ供給圧を変えることによりインキの吐出幅と吐出量を制御して、インキ付着量を任意に変えることができる。なお、本明細書において、「インキ」とは、通常、染料や顔料などからなる着色剤とバインダーないしビヒクルを含んでなる液状組成物を意味するが、ディスプレイ部材や回路形成用途などにおいては、金属や磁性微粒子、あるいはセラミックスなどの微粒子を含むペースト、ならびに樹脂や蛍光体材料、有機EL材料を含む液状組成物、およびフォトレジストなどを広く含むものとする。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図2は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図3は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図4は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 5 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 6 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 7 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 8 は、図 7 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図 9 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 9 (A) は概略断面図、図 9 (B) は底面図である。

図 10 は、図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

図 11 は、図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

図 12 は、図 9 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

図 13 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図 14 は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

図 15 は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

図 16 は、本発明の微細ノズルの製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。

図 17 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 18 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 19 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 20 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工

程図である。

図 2 1 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 2 2 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 2 3 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 2 4 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 2 5 は、本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

図 2 6 は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図 2 7 は、図 2 6 に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。

図 2 8 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 2 9 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 3 0 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 3 1 は、図 5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図 3 2 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 3 2 (A) は概略断面図、図 3 2 (B) は底面図である。

図 3 3 は、図 3 2 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

図 3 4 は、図 3 2 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

図 3 5 は、図 3 2 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図

である。

図 3 6 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図 3 7 は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

図 3 8 は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

図 3 9 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 0 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 1 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 2 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 3 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 4 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 5 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

図 4 6 は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

図 4 7 は、本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

図 4 8 は、本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

図 4 9 は、シリコン基板の表面側に配設された主電極を説明するための支持部材を取り除いた状態の平面図である。

図 5 0 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図で



ある。

図 5 1 は、シリコン基板の裏面側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。

図 5 2 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 5 3 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 5 4 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 5 5 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

図 5 6 は、図 5 5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

図 5 7 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 5 7 (A) は概略断面図、図 5 7 (B) は底面図である。

図 5 8 は、図 5 7 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A - A 線矢視における横断面図である。

図 5 9 は、図 5 7 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B - B 線矢視における横断面図である。

図 6 0 は、図 7 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

図 6 1 は、本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

図 6 2 は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

図 6 3 は、本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

図 6 4 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図 6 5 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図 6 6 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図 6 7 は、本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

図 6 8 は、本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を示す斜視図である。

図 6 9 は、本発明による微細パターン形成方法の他の実施形態を示す斜視図で

ある。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

#### I-1 微細パターン形成装置

##### (第1の実施形態)

図1は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図1において、微細パターン形成装置1は、シリコン基板2と、このシリコン基板2の裏面2B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2の表面2Aと側面2Cに形成された珪素窒化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

シリコン基板2は、表面2A側から裏面2B側に貫通する複数の微細孔3を備え、この微細孔3の表面2A側の開口部3aは、上記のシリコン基板2と支持部材7とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは200～500 $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。このようなシリコン基板2は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板2の表面2Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板2の表面2Aに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層4が設けられている。通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000～10000 $\text{\AA}$ 程度である。図示例では、シリコン基板2の厚み、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は1～100 $\mu\text{m}$ 程度、微細孔3のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で1 $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微

細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は $5 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。

微細ノズル5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の壁面に形成された珪素酸化物層4と一体的に形成され、微細孔3に連通している。この微細ノズル5の厚みは $500.0 \sim 10000 \text{ \AA}$ の範囲、開口径（内径）は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲、突出量は $1 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2の裏面2B側に付着することが防止される。

珪素窒化物層6は、選択酸化（LOCOS）用のマスクとなり、かつシリコン基板2に高い電気絶縁性を付与するものであり、厚みは $200 \sim 3000 \text{ \AA}$ の範囲で適宜設定することができる。

支持部材7は、上述のシリコン基板2の表面2A側に配設され、シリコン基板2を保持するためのものである。図示例では、支持部材7はシリコン基板2と同じ平面形状の基部7aと、この基部7aの周縁に設けられたフランジ部7b、基部7aの中央に設けられた開口部7cからなり、フランジ部7bにてシリコン基板2の表面2A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板2と支持部材7との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材7をシリコン基板2に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材7は、その線膨張係数がシリコン基板2の線膨張係数の $1/10$ 倍 $\sim 10$ 倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数 $= 3.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）、SUS304（線膨張係数 $= 17.3 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板2と支持部材7との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板2の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路8は、上記の支持部材7の開口部7cに接続され、その他端はイン

キ供給装置 9 に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路 8 が 1 つ接続されているが、微細パターン形成装置 1 の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部 7 c を複数設け、各開口部 7 c にインキ流路 8 を接続してもよい。また、支持部材 7 やシリコン基板 2 を加工することにより、インキ流路を支持部材 7 および／またはシリコン基板 2 の内部に形成してもよい。

インキ供給装置 9 は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置 1 は、シリコン基板 2 の裏面の複数の微細ノズル 5 からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

#### (第 2 の実施形態)

図 2 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 2 に示されるように、微細パターン形成装置 1 1 は、シリコン基板 1 2 と、このシリコン基板 2 の裏面 2 B 側に突出した微細ノズル 1 5 と、支持部材 1 7 と、シリコン基板 1 2 と支持部材 1 7 との空隙部にインキを供給するインキ流路 1 8 と、このインキ流路 1 8 に接続されたインキ供給装置 1 9 とを備えている。

シリコン基板 1 2 は、表面 1 2 A 側から裏面 1 2 B 側に貫通する複数の微細孔 1 3 を備え、この微細孔 1 3 の表面 1 2 A 側の開口部 1 3 a は、上記のシリコン基板 1 2 と支持部材 1 7 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 1 2 の材質は、上述のシリコン基板 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。

微細孔 1 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板 1 2 の表面 1 2 A に平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板 1 2 の表面 1 2 A に垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層 1 4 が設けられている。通常、この珪素酸化物層 1 4

の厚みは $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$ 程度である。図示例では、シリコン基板12の厚み、微細孔13の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔13の内径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度、微細孔13のアスペクト比は $1 \sim 100$ 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔13の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で $4 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。

微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は $5 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の内径が軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。

微細ノズル15は、シリコン基板12と一体的に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は $3 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲、ノズル基部15aの肉厚は $1 \sim 25 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$ の範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は $1 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12の裏面12B側に付着することが防止される。

支持部材17は、上述のシリコン基板12の表面12A側に配設され、シリコン基板12を保持するためのものである。図示例では、支持部材17は、上述の

支持部材 7 と同様に、シリコン基板 1 2 と同じ平面形状の基部 1 7 a と、この基部 1 7 a の周縁に設けられたフランジ部 1 7 b、基部 1 7 a の中央に設けられた開口部 1 7 c からなり、フランジ部 1 7 b にてシリコン基板 1 2 の表面 1 2 A 側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板 1 2 と支持部材 1 7 との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材 1 7 をシリコン基板 1 2 に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材 1 7 の材質は、上述の支持部材 7 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 1 2 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路 1 8 は、上記の支持部材 1 7 の開口部 1 7 c に接続され、その他端はインキ供給装置 1 9 に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路 1 8 が 1 つ接続されているが、微細パターン形成装置 1 1 の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部 1 7 c を複数設け、各開口部 1 7 c にインキ流路 1 8 を接続してもよい。また、支持部材 1 7 やシリコン基板 1 2 を加工することにより、インキ流路を支持部材 1 7 および／またはシリコン基板 1 2 の内部に形成してもよい。

インキ供給装置 1 9 は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置 1 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置 1 1 は、シリコン基板 1 2 の裏面の複数の微細ノズル 1 5 からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 1 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル 1 5 がノズル基部 1 5 a を備えるので、微細ノズル 1 5 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

## (第3の実施形態)

図3は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図3に示されるように、微細パターン形成装置1'は、シリコン基板2'と、このシリコン基板2'の表面2'Aに形成されたテーパ形状の凹部3'aと、シリコン基板2'の裏面2'B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2'の表面2'Aと側面2'Cに形成された珪素窒化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2'と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

シリコン基板2'は、表面2'A側の複数のテーパ形状の凹部3'aの底部から裏面2'B側に貫通する微細孔3を備え、この微細孔3の表面2'A側の開口部3aはテーパ形状の凹部3'aに露出し、テーパ形状の凹部3'aは上記のシリコン基板2'と支持部材7とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2'は、表面2'Aと裏面2'Bの結晶方位が<100>面であるシリコンの単結晶であり、厚みは200~500 $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。このようなシリコン基板2'は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパ形状の凹部3'aの壁面は、珪素酸化物層4が設けられており、通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000~10000 $\text{\AA}$ 程度である。凹部3'aのテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5~150 $\mu\text{m}$ 程度、最大開口径は10~200 $\mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部3'aの壁面は、シリコン基板2'の表面2'A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板2'の厚み、テーパ形状の凹部3'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部3'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔3とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15 $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板2'の表面2'Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板2'の表

面 2' A に垂直な断面) が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 3' a の壁面から連続するように珪素酸化物層 4 が設けられている。図示例では、微細孔 3 の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 3 の内径は  $1 \sim 100 \mu\text{m}$  程度、微細孔 3 のアスペクト比は  $1 \sim 100$  程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1' により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $15 \mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は  $5 \sim 500 \mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 3 の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは  $\pm 1 \mu\text{m}$  以下となっている。

微細ノズル 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 4 と一体的に形成され、微細孔 3 に連通している。この微細ノズル 5 の厚みは  $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$  の範囲、開口径 (内径) は  $1 \sim 100 \mu\text{m}$  の範囲、突出量は  $1 \sim 150 \mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル 5 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは  $\pm 1 \mu\text{m}$  以下となっている。このような微細ノズル 5 を設けることにより、微細孔 3 から吐出されたインキがシリコン基板 2' の裏面 2' B 側に付着することが防止される。

尚、珪素窒化物層 6、支持部材 7、インキ流路 8、および、インキ供給装置 9 は、上述の微細パターン形成装置 1 と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置 1' は、テーパー形状の凹部 3' a を備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板 2' の裏面の複数の微細ノズル 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 2' の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することがで



きる。

(第4の実施形態)

図4は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図4に示されるように、微細パターン形成装置11'は、シリコン基板12'と、このシリコン基板12'の表面12'Aに形成されたテーパ形状の凹部13'aと、シリコン基板12'の裏面12'B側に突出した微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板12'と支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

シリコン基板12'は、表面12'A側の複数のテーパ形状の凹部13'aの底部から裏面12'B側に貫通する微細孔13を備え、この微細孔13の表面12'A側の開口部13aはテーパ形状の凹部13'aに露出し、テーパ形状の凹部13'aは上記のシリコン基板12'と支持部材17とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板12'は、表面12'Aと裏面12'Bの結晶方位が<100>面であるシリコンの単結晶であり、厚みは200~500μm程度が好ましい。

テーパ形状の凹部13'aの壁面は、珪素酸化物層14が設けられており、通常、この珪素酸化物層14の厚みは5000~10000Å程度である。凹部13'aのテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5~150μm程度、最大開口径は10~200μm程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部13'aの壁面は、シリコン基板12'の表面12'A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板12'の厚み、テーパ形状の凹部13'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部13'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔13とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15μm程度が好ましい。

微細孔13は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板12'の表面1

2' Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板 1 2'の表面 1 2' Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 1 3 a'の壁面から連続するように珪素酸化物層 1 4が設けられている。図示例では、微細孔 1 3の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 1 3の径は1~100  $\mu\text{m}$ 程度、微細孔 1 3のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 1'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15  $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

微細孔 1 3の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 1 3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は5~500  $\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 3の径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。

微細ノズル 1 5は、シリコン基板 1 2'と一体的に形成されたノズル基部 1 5 aと、上記の微細孔 1 3に連通したノズル基部 1 5 aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層 1 5 bと、ノズル基部 1 5 aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層 1 5 cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層 1 5 bと、珪素酸化物端面層 1 5 cは、微細孔 1 3の壁面に形成された珪素酸化物層 1 4と一体的に形成されている。ノズル基部 1 5 aの外径は3~150  $\mu\text{m}$ の範囲、ノズル基部 1 5 aの肉厚は1~25  $\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層 1 5 bと珪素酸化物端面層 1 5 cの厚みは5000~10000 Åの範囲、微細ノズル 1 5の開口径(珪素酸化物内面層 1 5 bの内径)は1~100  $\mu\text{m}$ の範囲、微細ノズル 1 5の突出量(ノズル基部 1 5 aの高さ)は1~150  $\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル 1 5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル 1 5を設けることにより、微細孔 1 3から吐出されたインキがシリコン基板 1 2'の裏面 1 2' B側に付着することが防止される。

尚、支持部材 1 7、インキ流路 1 8、および、インキ供給装置 1 9は、上述の

微細パターン形成装置 1 1 と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置 1 1' は、テーパ形状の凹部 1 3' a を備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板 1 2' の裏面の複数の微細ノズル 1 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 2' の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 1 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル 1 5 がノズル基部 1 5 a を備えるので、微細ノズル 1 5 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

#### (第 5 の実施形態)

図 5 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 5 に示されるように、微細パターン形成装置 1'' は、シリコン基板 2'' と、このシリコン基板 2'' の表面 2'' A に形成された多段形状の凹部 3'' a と、シリコン基板 2'' の裏面 2'' B 側に突出した微細ノズル 5 と、シリコン基板 2'' の表面 2'' A と側面 2'' C に形成された珪素窒化物層 6 と、支持部材 7 と、シリコン基板 2'' と支持部材 7 との空隙部にインキを供給するインキ流路 8 と、このインキ流路 8 に接続されたインキ供給装置 9 とを備えている。

シリコン基板 2'' は、表面 2'' A 側の複数の多段形状の凹部 3'' a の底部から裏面 2'' B 側に貫通する微細孔 3 を備え、この微細孔 3 の表面 2'' A 側の開口部 3 a は凹部 3'' a に露出し、この凹部 3'' a は上記のシリコン基板 2'' と支持部材 7 とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔 3 は、微細開口部である開口部 3 a と、広幅開口部である凹部 3'' a とからなる 2 段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板 2'' の材質は、上述のシリコン基板 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板 2'' は、凹部 3'' と微細孔 3 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ S O I (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

凹部 3" a の壁面は、珪素酸化物層 4 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 4 の厚みは  $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$  程度である。凹部 3" a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは  $1 \sim 150 \mu\text{m}$  程度、開口径は  $5 \sim 200 \mu\text{m}$  程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 2" の厚み、凹部 3" a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 3" a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1" により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 3 とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $10 \mu\text{m}$  程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 3 a と、広幅開口部である凹部 3" a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい。

微細孔 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板 2" の表面 2" A に平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板 2" の表面 2" A に垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 3" a の壁面から連続するように珪素酸化物層 4 が設けられている。図示例では、微細孔 3 の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 3 の内径は  $1 \sim 100 \mu\text{m}$  程度、微細孔 3 のアスペクト比は  $1 \sim 100$  程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1" により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $10 \mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は  $5 \sim 500 \mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 3 の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは  $\pm 1 \mu\text{m}$  以下となっている。

微細ノズル 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 4 と一体的に形成され、微細孔 3 に連通している。この微細ノズル 5 の厚みは  $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$  の範囲、開口径（内径）は  $1 \sim 100 \mu\text{m}$  の範

囲、突出量は $1 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2''の裏面2''B側に付着することが防止される。

尚、珪素窒化物層6、支持部材7、インキ流路8、および、インキ供給装置9は、上述の微細パターン形成装置1と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置1''は、多段形状の凹部3''aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板2''の裏面の複数の微細ノズル5からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2''の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

#### (第6の実施形態)

図6は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図6に示されるように、微細パターン形成装置11''は、シリコン基板12''と、このシリコン基板12''の表面12''Aに形成された多段形状の凹部13''aと、シリコン基板12''の裏面12''B側に突出した微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板12''と支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

シリコン基板12''は、表面12''A側の複数の多段形状の凹部13''aの底部から裏面12''B側に貫通する微細孔13を備え、この微細孔13の表面12''A側の開口部13aは凹部13''a内に露出し、凹部13''aは上記のシリコン基板12''と支持部材17とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔13は、微細開口部である開口部13aと、広幅開口部である凹部13''aとからなる2段の開口部を有することになる。

シリコン基板12''の材質は、上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基

板 2'' は、凹部 3'' と微細孔 3 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ S O I (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

凹部 1 3'' a の壁面は、珪素酸化物層 1 4 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 1 4 の厚みは 5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å 程度である。凹部 1 3'' a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは 1 ~ 1 5 0 μm 程度、開口径は 5 ~ 2 0 0 μm 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 1 2'' の厚み、凹部 1 3'' a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 1 3'' a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 1'' により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 1 3 とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 0 μm 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 1 3 a と、広幅開口部である凹部 1 3'' a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい。

微細孔 1 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板 1 2'' の表面 1 2'' A に平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板 1 2'' の表面 1 2'' A に垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 1 3 a'' の壁面から連続するように珪素酸化物層 1 4 が設けられている。図示例では、微細孔 1 3 の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 1 3 の径は 1 ~ 1 0 0 μm 程度、微細孔 1 3 のアスペクト比は 1 ~ 1 0 0 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 1'' により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 0 μm 程度が好ましい。

微細孔 1 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 1 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は 5 ~ 5 0 0 μm の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 1 3 の径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは ± 1 μm 以下となっている。

微細ノズル 1 5 は、シリコン基板 1 2'' と一体的に形成されたノズル基部 1 5

aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は3～150 $\mu$ mの範囲、ノズル基部15aの肉厚は1～25 $\mu$ mの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000～10000Åの範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は1～100 $\mu$ mの範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は1～150 $\mu$ mの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 $\mu$ m以下となっている。このような微細ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12″の裏面12″B側に付着することが防止される。

尚、支持部材17、インキ流路18、および、インキ供給装置19は、上述の微細パターン形成装置11と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置11″は、多段形状の凹部13″aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板12″の裏面の複数の微細ノズル15からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12″の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

#### （第7の実施形態）

図7は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図8は図7に示される微細パターン形成装置の底面図である。図7および図8において、微細パターン形成装置21は、連続した3つの装置部21a、21b、

21cからなり、共通のシリコン基板22と、このシリコン基板22の裏面から突出している複数の微細ノズル25と、シリコン基板22の表面22A側に配設された3つの支持部材27と、シリコン基板22と各支持部材27との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路28と、これらのインキ流路28に接続されたインキ供給装置29a, 29b, 29cとを備えている。

シリコン基板22は、各装置部21a, 21b, 21cごとに、表面22A側から裏面22B側に貫通する複数の微細孔23を備え、この微細孔23の表面22A側の開口部23aは、シリコン基板22と各支持部材27とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板22の材質は上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

微細孔23は、各装置部21a, 21b, 21cごとに所定方向（図8の矢印A方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル25の開口部25dも同様に配置されている。すなわち、装置部21aでは、矢印A方向に沿って配置された微細孔23の列がピッチP1で複数列形成され、同様に、装置部21b、装置部21cでも、微細孔23の列がピッチP1で複数列形成されている。そして、各装置部21a, 21b, 21cにおける微細孔23の列は、相互にピッチP2（ $P1 = 3 \times P2$ ）で位置がずれているので、微細パターン形成装置21全体としては、ピッチP2で各装置部21a, 21b, 21cの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔23の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔13と同様にして適宜設定できる。また、微細孔23の壁面に形成されている珪素酸化物層24も、上述の珪素酸化物層14と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層24を備えた微細孔23の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

微細ノズル25は、上述の微細ノズル15と同様の構成であり、シリコン基板22と一体的に形成されたノズル基部25aと、上記の微細孔23に連通したノズル基部25aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層25bと、ノズル基部25aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層25cとで構成されてい



る。また、珪素酸化物内面層 25 b と珪素酸化物端面層 25 c は、微細孔 23 の壁面に形成された珪素酸化物層 24 と一体的に形成されている。このような微細ノズル 25 において、そのノズル基部 25 a の外径と肉厚、珪素酸化物内面層 25 b と珪素酸化物端面層 25 c の厚み、微細ノズル 25 の開口部 25 d の内径(珪素酸化物内面層 25 b の内径)、微細ノズル 25 の突出量(ノズル基部 25 a の高さ)は、上述の微細ノズル 15 と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル 25 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは  $\pm 1 \mu\text{m}$  以下となっている。このような微細ノズル 25 を設けることにより、微細孔 23 から吐出されたインキがシリコン基板 22 の裏面 22 B 側に付着することが防止される。

支持部材 27 は、上述のシリコン基板 22 の表面 22 A 側に配設され、シリコン基板 22 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 27 は、上述の支持部材 7 と同様に、シリコン基板 22 と同じ平面形状の基部 27 a と、この基部 27 a の周縁に設けられたフランジ部 27 b、基部 27 a の中央に設けられた開口部 27 c からなり、フランジ部 27 b にてシリコン基板 22 の表面 22 A 側に固着されている。これにより、シリコン基板 22 と各支持部材 27 との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス(商品名)等の耐熱ガラスを介して支持部材 27 をシリコン基板 22 に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 27 の材質は、上述の支持部材 7 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 22 の線膨張係数の  $1/10$  倍～10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路 28 は、上記の各支持部材 27 の開口部 27 c に接続され、他端はインキ供給装置 29 a, 29 b, 29 c に接続されている。インキ供給装置 29 a, 29 b, 29 c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 11 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 27 に設けられているインキ流路 28 は 1 つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 27 に複数の開口部 27 c を設け、各開口部 27 c にインキ流路 28 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 27 の内

部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置 2 1 は、シリコン基板 2 2 の裏面の複数の微細ノズル 2 5 からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 2 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 2 9 a, 2 9 b, 2 9 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 2 1 a, 2 1 b, 2 1 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置 2 9 a, 2 9 b, 2 9 c を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置 2 1 は、各装置部 2 1 a, 2 1 b, 2 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、微細ノズル 2 5 がノズル基部 2 5 a を備えるので、微細ノズル 2 5 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

尚、微細パターン形成装置 2 1 において、図 1 に示されるような微細ノズル 5 をシリコン基板 2 2 の裏面 2 2 B 側の設けたものとしてもよい。

また、微細パターン形成装置 2 1 においても、微細孔 2 3 の表面 2 2 A 側の開口部 2 3 a を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 2 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

#### (第 8 の実施形態)

図 9 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 9 (A) は概略断面図、図 9 (B) は底面図である。図 9 において、微細パターン形成装置 3 1 は、シリコン基板 3 2 と、このシリコン基板 3 2 の裏面 3 2 B から突出している複数の微細ノズル 3 5 と、シリコン基板 3 2 の表面 3 2 A 側に配設された支持部材 3 7 と、シリコン基板 3 2 および支持部材 3 7 内に形成された 3 種のインキ流路 3 8 a, 3 8 b, 3 8 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 3 9 a, 3 9 b, 3 9 c とを備えている。

シリコン基板 3 2 は表面 3 2 A 側から裏面 3 2 B 側に貫通する複数の微細孔 3 3 を備え、この微細孔 3 3 の表面 3 2 A 側の開口部 3 3 a は、表面 3 2 A 側に溝

状に形成された３種のインキ流路３８ａ，３８ｂ，３８ｃ内のいずれかに露出している。シリコン基板３２の材質は上述のシリコン基板２と同様とすることができ、厚みもシリコン基板２と同様の範囲で設定することができる。

微細孔３３（後述する微細ノズル３５の開口部３５ｄ）は所定の方向（図９（Ｂ）の矢印ａ方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチＰで複数形成されている。図示例では、矢印ａ方向に沿って複数の微細孔が配列された６本の微細孔列３３Ａ，３３Ｂ，３３Ｃ，３３Ｄ，３３Ｅ，３３ＦがピッチＰで形成されている。このような微細孔３３の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔３と同様にして適宜設定できる。また、微細孔３３の壁面に形成されている珪素酸化物層３４も、上述の珪素酸化物層１４と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層３４を備えた微細孔３３の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

微細ノズル３５は、上述の微細ノズル１５と同様の構成であり、シリコン基板３２と一体的に形成されたノズル基部３５ａと、上記の微細孔３３に連通したノズル基部３５ａの内壁面に形成された珪素酸化物内面層３５ｂと、ノズル基部３５ａの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層３５ｃとで構成されている。また、珪素酸化物内面層３５ｂと珪素酸化物端面層３５ｃは、微細孔３３の壁面に形成された珪素酸化物層３４と一体的に形成されている。このような微細ノズル３５において、そのノズル基部３５ａの外径および肉厚、珪素酸化物内面層３５ｂと珪素酸化物端面層３５ｃの厚み、微細ノズル３５の開口部３５ｄの内径（珪素酸化物内面層３５ｂの内径）、微細ノズル３５の突出量（ノズル基部３５ａの高さ）は、上述の微細ノズル１５と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル３５の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±１μm以下となっている。このような微細ノズル３５を設けることにより、微細孔３３から吐出されたインキがシリコン基板３２の裏面３２Ｂ側に付着することが防止される。

支持部材３７は、上述のシリコン基板３２の表面３２Ａ側に配設されてシリコン基板３２を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材３７のシリコン基板３２側にはインキ流路３８ｃが溝状に形成されている。

図10は、図9(A)に示されるシリコン基板32のA-A線矢視における横断面図、図11は図9(A)に示される支持部材37のB-B線矢視における横断面図である。

図9(A)および図10に示されるように、シリコン基板32には、微細孔列33A、33Dの各開口部とインキ供給装置39aとを接続するように形成された溝状のインキ流路38a、および、微細孔列33B、33Eの各開口部とインキ供給装置39bとを接続するように形成された溝状のインキ流路38bとが形成されている。また、微細孔列33C、33Fの各開口部上にインキ流路38cが溝状に形成されている。さらに、図9(A)および図11に示されるように、支持部材37には、微細孔列33C、33Fの各開口部とインキ供給装置39cとを接続するように形成された溝状のインキ流路38cが形成されている。

このような支持部材37とシリコン基板32との間に形成される3種のインキ流路38a、38b、38cは、図12に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材37の材質は、上述の支持部材7と同様に、その線膨張係数がシリコン基板32の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路38a、38b、38cの端部はインキ供給装置39a、39b、39cに接続されている。インキ供給装置39a、39b、39cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置31の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置31は、シリコン基板32の裏面の複数の微細ノズル35からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板32の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置39a、39b、39cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路38a、38b、38cに対応してグループ分け（微細孔列33Aと33Dのグループ、微細孔列33Bと33Eのグループ、微細孔列33Cと33Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置31は、各インキごとに複数の装置

を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置 39 a, 39 b, 39 c を制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。また、微細ノズル 35 がノズル基部 35 a を備えるので、微細ノズル 35 の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

尚、微細パターン形成装置 31 において、図 1 に示されるような微細ノズル 5 をシリコン基板 32 の裏面 32 B 側の設けたものとしてもよい。

また、微細パターン形成装置 31 においても、微細孔 33 のインキ流路側の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 35 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

#### (第 9 の実施形態)

図 13 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図 13 において、微細パターン形成装置 41 は、シリコン基板 42 と、このシリコン基板 42 の裏面から突出している複数の微細ノズルと、シリコン基板 42 と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図 13 では、シリコン基板 42 のみを示し、微細ノズル、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板 42 は表面 42 A 側から裏面側に貫通する複数の微細孔 43 を備え、この微細孔 43 が 1 つのパターン 46 をなすような位置に形成され、かつ、複数(図示例では 10 個)のパターン 46 がシリコン基板 42 に設けられている。尚、微細孔 43 は 1 つのパターン 46 においてのみ示し、他のパターン 46 はその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板 42 の材質は上述のシリコン基板 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔 43 の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 43 は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層 4 と同様とすることができる。

このようなシリコン基板 4 2 に裏面 4 2 B 側には、微細孔 4 3 に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル 5、あるいは、微細ノズル 1 5 と同様とすることができる。

また、シリコン基板 4 2 は、上述の支持部材 7 のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図 1 3 に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置 4 1 は、シリコン基板 4 2 の微細孔 4 3（微細ノズル）からインキをほぼ均一な吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板 4 2 の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターン 4 6 に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターン 4 6 が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

また、微細パターン形成装置 4 1 においても、微細孔 4 3 の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成、および修正等に応用できる。

## I-2 微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

まず、図14は、上述の本発明の微細パターン形成装置21を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図14において、本発明の微細パターン形成装置21のインキ供給装置29a, 29b, 29cから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路28を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン形成装置21に対して所定方向(矢印A方向)に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置21における微細孔の配列方向A(図8参照)と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置21のシリコン基板22とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1~5mm程度の範囲で設定することができる。

これにより、シリコン基板22の微細ノズル25から吐出されたインキによってパターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔23や微細ノズル25の径の大きさを変えて吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置21と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

次に、図15は、本発明の微細パターン形成装置41を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図15において、微細パターン形成装置41(図示例では、シリコン基板42のみを示す)をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔43(微細ノズル)を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパタ

ーン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターン46が形成できる。尚、微細パターン形成装置41のシリコン基板42とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。

また、微細パターン形成装置41における複数の微細孔43（微細ノズル）から構成されるパターン46を、例えば、プリント配線板の導体パターンとして置き、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

### I-3 微細ノズルの製造方法

次に、本発明の微細ノズルの製造方法について説明する。

#### （第1の実施形態）

本発明の微細ノズルの製造方法を、図1に示される微細パターン形成装置1の微細ノズル5を例として図16を参照して説明する。

まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板2の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）層51を形成する（図16（A））。珪素窒化物層51の形成は、減圧CVD法等により行うことができる。

次に、一方の面の珪素窒化物層51上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口をもつマスクパターン52を形成する（図16（B））。このマスクパターン52の微細開口の大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用い



る場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、第2の工程として、マスクパターン52をマスクとして、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術によりシリコン基板2に貫通微細孔3を穿設する（図16（C））。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) 装置を用いたBoschプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。本発明では、微細孔3の穿設の深さを制御する必要のないため、工程が簡便なものとなる。このことは、エッチング速度のウエハ内、ウエハ間不均一性からくる微細孔深さのばらつきが本質的に生じないということであるから、歩留まりの向上と大面積を描画する装置の製造に有効である。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第3の工程として、上記のマスクパターン52を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔3の壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層4を形成する（図16（D））。

次に、第4の工程として、シリコン基板2の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層51が除去された後、シリコン基板2の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板2のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる（図16（E））。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

また、第4の工程でドライエッチングを行うシリコン基板2の面として、上述のマスクパターン52が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、第2の工程におけるディープエッチングで、エッチングエンド（図の下方側）の

形状は多少バラツキが生じ易いが、マスクパターン52が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル5の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル5を得ることがより容易となる。

### (第2の実施形態)

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図2に示される微細パターン形成装置11の微細ノズル15を例として図17および図18を参照して説明する。

まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板12の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )層61を形成し、この珪素窒化物層61に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層61をRIE(Reactive Ion Etching (プロセスガス： $\text{CF}_4$ または $\text{SF}_6$ ))によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口61aをもつパターンを形成する(図17(A))。珪素窒化物層61の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。また、小開口61aの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3～120μmの範囲内で設定することができる。

次に、第2の工程として、上記の珪素窒化物層61のパターン上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口62aをもつマスクパターン62を形成する(図17(B))。この微細開口62aは、上記の珪素窒化物層61のパターンの小開口61a内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口62aの大きさは、後述する微細孔13および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を1～100μmの範囲内で設定することができる。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの(レジスト/ケイ素酸化物薄膜)が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度

の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、第3の工程として、マスクパターン62をマスクとしてディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術によりシリコン基板12に貫通微細孔13を穿設する（図17（C））。この貫通微細孔13の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）装置を用いたBoschプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。本発明では、微細孔13の穿設の深さを制御する必要のないため、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔13の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第4の工程として、上記のマスクパターン62を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔13の壁面に珪素酸化物層14（珪素酸化物内面層15b）を、珪素窒化物層61の小開口61a内に露出しているシリコン基板12に珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）を、それぞれ厚み5000～10000Å程度で形成する（図18（A））。

次に、第5の工程として、珪素窒化物層61を除去し（図18（B））、珪素窒化物層61の小開口61aが形成されていたシリコン基板12の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）がマスクとなってシリコン基板12の一部がエッチングされ、ノズル基部15aがシリコン基板12と一体的に形成される。このノズル基部15aが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板12のエッチング側に突出した微細ノズル15が得られる（図18（C））。上記のノズル基部15aの肉厚は、上記の小開口61aと微細開口62aとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第5の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層61を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

また、この微細ノズルの製造方法では、第3の工程におけるディープエッチング等でマスクパターン62が形成されている面側の部位（エッチング精度は極めて高い）を微細ノズル15の先端側に利用しているので、開口径が均一な複数の微細ノズル15を得ることができる。

#### （第3の実施形態）

本発明の微細ノズルの製造方法を、図3に示される微細パターン形成装置1'の微細ノズル5を例として図19および図20を参照して説明する。

まず、第1の工程として、表面結晶方位<100>のシリコン基板2'の表面を洗浄し、このシリコン基板2'の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）層51'を形成する。

次に、シリコン基板2'の表面2'A側の珪素窒化物層51'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトリソマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層51'をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス： $\text{CF}_4$ または $\text{SF}_6$ ))によりエッチングして、テーパ用開口51'aをもつパターンを形成する（図19(A)）。珪素窒化物層51'の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。この珪素窒化物層51'のテーパ用開口51'aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部3'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10～200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、第2の工程として、珪素窒化物層51'をマスクとして、シリコン基板2'に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口51'aに露出しているシリコン基板2'が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板2'の表面2'A側にテーパ形状の凹部3'aが形成される（図19(B)）。

次に、第3の工程として、レジストパターンRを除去し、シリコン基板2'の表面2' A側および裏面2' B側にマスク薄膜5 2'を形成する。次いで、テーパ形状凹部3' aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2' B側のマスク薄膜5 2'をパターンニングして微細開口5 2' aを形成する(図19(C))。この微細開口5 2' aは、その開口中心がシリコン基板2'を介して上記のテーパ形状凹部3' aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、微細開口5 2' aの大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口5 2' aを1~100  $\mu$ mの範囲内で設定することが好ましい。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの(レジスト/ケイ素酸化物薄膜)が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、第4の工程として、マスク薄膜5 2'をマスクとしてディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術によりシリコン基板2'に裏面2' B側から貫通微細孔3を穿設する(図20(A))。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔3がテーパ形状凹部3' a内まで貫通したところで、シリコン基板2'の表面2' A側に形成したマスク薄膜5 2' (テーパ形状凹部3' a内のマスク薄膜5 2')がストッピング層として作用するので、微細孔3の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮すること

ができる。

次に、第5の工程として、上記のマスク薄膜52'を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔3の壁面、および、テーパ形状凹部3'aの壁面に厚み5000～10000 Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図20(B))。

次に、第6の工程として、テーパ形状凹部3'aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2'B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層51'が除去された後、シリコン基板2'の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板2'のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図20(C))。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

#### (第4の実施形態)

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図4に示される微細パターン形成装置11'の微細ノズル15を例として図21および図22を参照して説明する。

まず、第1の工程として、表面結晶方位<100>のシリコン基板12'の表面を洗浄し、このシリコン基板12'の全面に厚み200～3000 Å程度の珪素窒化物( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )層61'を形成する。

次に、シリコン基板12'の表面12'A側の珪素窒化物層61'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層61'をRIE(Reactive Ion Etching (プロセスガス： $\text{CF}_4$ または $\text{SF}_6$ ))によりエッチングして、テーパ用開口61'aをもつパターンを形成する(図21(A))。珪素窒化物層61'の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。この珪素窒化物層61'のテーパ用開口61'aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部13'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10～200 μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、第2の工程として、珪素窒化物層61'をマスクとして、シリコン基板12'に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口61' aに露出しているシリコン基板12'が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板12'の表面12' A側にテーパー形状の凹部13' aが形成される（図21（B））。

次に、第3の工程として、テーパー形状の凹部13' aが形成されていないシリコン基板12'の裏面12' B側の珪素窒化物層61'に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成する。次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層61'をRIE(Reactive Ion Etching（プロセスガス： $\text{CF}_4$ または $\text{SF}_6$ ）)によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口61' bをもつパターンを形成する（図21（C））。この小開口61' bは、その開口中心がシリコン基板12'を介して上記のテーパー状凹部13' aの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、小開口61' bの大きさは、後述するノズル基部の大きさ（外径）を決定するものであり、通常、開口径を3～120  $\mu\text{m}$ の範囲内で設定することができる。

次に、第4の工程として、シリコン基板12'の表面12' A側および裏面12' B側にマスク薄膜62'を形成する。次いで、テーパー状凹部13' aが形成されていないシリコン基板12'の裏面12' B側のマスク薄膜62'をパターンニングして微細開口62' aを形成する（図20（D））。この微細開口62' aは、上記の珪素窒化物層61'のパターンの小開口61' b内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口62' aの大きさは、後述する微細孔13および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を1～100  $\mu\text{m}$ の範囲内で設定することができる。

使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの（レジスト／ケイ素酸化物薄膜）が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いる

ことができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、第5の工程として、マスク薄膜62'をマスクとしてディープエッチング等によりシリコン基板12'に裏面12' B側から貫通微細孔13を穿設する（図22（A））。この貫通微細孔13の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔13がテーパ形状凹部13' a内まで貫通したところで、シリコン基板12'の表面12' A側に形成したマスク薄膜62'（テーパ形状凹部13' a内のマスク薄膜62'）がストッピング層として作用するので、微細孔13の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔13の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、第6の工程として、上記のマスクパターン62'を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、テーパ形状凹部13' aの壁面に珪素酸化物層14を、貫通微細孔13の壁面に珪素酸化物層14（珪素酸化物内面層15b）を、珪素窒化物層61の小開口61a内に露出しているシリコン基板12に珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）を、それぞれ厚み5000～10000 Å程度で形成する（図22（B））。

次に、第7の工程として、珪素窒化物層61'を除去し（図22（C））、テーパ形状凹部13' aが形成されていないシリコン基板12'の裏面12' B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）がマスクとなってシリコン基板12'の一部がエッチングされ、ノズル基部15aがシリコン基板12'と一体的に形成される。



このノズル基部 15 a が所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 12' のエッチング側に突出した微細ノズル 15 が得られる (図 22 (D))。上記のノズル基部 15 a の肉厚は、上記の小開口 61' b と微細開口 62' a との半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第 7 の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層 61' を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE 装置の Bosch プロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

#### (第 5 の実施形態)

本発明の微細ノズルの製造方法を、図 5 に示される微細パターン形成装置 1'' の微細ノズル 5 を例として図 23 を参照して説明する。

まず、第 1 の工程として、表面を洗浄したシリコン基板 2 の全面に厚み 200 ~ 3000 Å 程度の珪素窒化物 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層 51'' を形成する。次に、両面の珪素窒化物層 51'' 上にマスク薄膜 52'' を形成し、シリコン基板 2'' の表面 2'' A 側のマスク薄膜 52'' をパターンニングして広幅開口 52'' a をもつマスクパターンを形成し、シリコン基板 2'' の裏面 2'' B 側のマスク薄膜 52'' をパターンニングして微細開口 52'' b をもつマスクパターンを形成する (図 23 (A))。広幅開口 52'' a の開口中心は、シリコン基板 2'' を介して微細開口 52'' b の開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口 51'' a の大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部 3'' a の開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を 5 ~ 200  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口 52'' b の大きさは、後述する微細孔 3 および微細ノズル 5 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を 1 ~ 100  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層 51'' の形成は、上述の珪素窒化物層 51 と同様に行うことができる。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの (レジスト/ケイ素酸化物薄膜) が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を

用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

ディープエッチングによりシリコン基板2″の裏面2″B側から微細孔3を穿設する（図23（B））。この微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔3の穿設は、シリコン基板2″を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔3の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板2″として、SOI（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストップング層としての作用をなすので、微細孔3の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、第3の工程として、広幅開口52″aをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2″の表面2″A側から広幅凹部3″aを穿設する（図23（C））。この広幅凹部3″aの穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチングにより行うことができる。広幅凹部3″aの穿設は、微細孔3の開口が広幅凹部3″a内に出現するまで行う。

次に、第4の工程として、上記のマスク薄膜52″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔3の壁面、および、広幅凹部3″aの壁面に厚み5000～10000 Å程度の珪素酸化物層4を形成する（図23（D））。

次に、第5の工程として、広幅凹部3″aが形成されていないシリコン基板2″

の裏面 2″ B 側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層 5 1″ が除去された後、シリコン基板 2″ の一部がエッチングされ、貫通微細孔 3 内壁に形成されている珪素酸化物層 4 が露出する。この珪素酸化物層 4 が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 2″ のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル 5 が得られる (図 2 3 (E))。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE 装置の Bosch プロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

#### (第 6 の実施形態)

次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図 6 に示される微細パターン形成装置 1 1″ の微細ノズル 1 5 を例として図 2 4 および図 2 5 を参照して説明する。

まず、第 1 の工程として、表面を洗浄したシリコン基板 1 2″ の全面に厚み 200～3000 Å 程度の珪素窒化物 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層 6 1″ を形成する。次に、シリコン基板 1 2″ の裏面 1 2″ B 側の珪素窒化物層 6 1″ に感光性レジストを塗布し、所定のフォトリソマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層 6 1″ を RIE (Reactive Ion Etching (プロセスガス:  $\text{CF}_4$  または  $\text{SF}_6$ )) によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口 6 1″ a をもつパターンを形成する (図 2 4 (A))。珪素窒化物層 6 1″ の形成は、上述の珪素窒化物層 5 1 と同様に行うことができる。また、小開口 6 1″ a の大きさは、後述するノズル基部の大きさ (外径) を決定するものであり、通常、開口径を 3～120  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することができる。

次に、第 2 の工程として、上記の珪素窒化物層 6 1″ を覆うように両面にマスク薄膜 6 2″ を形成する。次いで、シリコン基板 1 2″ の裏面 1 2″ B 側のマスク薄膜 6 2″ をエッチングでパターンニングして、微細開口 6 2″ a をもつマスクパターンを形成する。また、シリコン基板 1 2″ の表面 1 2″ A 側のマスク薄膜 6 2″ をエッチングでパターンニングして、広幅開口 6 2″ b をもつマスクパターンを形成する (図 2 4 (B))。微細開口 6 2″ a は、上記の珪素窒化物層 6 1″ のパターンの小開口 6 1″ a 内、好ましくは中心部に位置し、広幅開口 6 2″ b

の開口中心は、シリコン基板 12'' を介して微細開口 62'' a の開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の微細開口 62'' a の大きさは、後述する微細孔 13 および微細ノズル 15 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を 1 ~ 100  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。また、広幅開口 61'' b の大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部 13'' a の開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を 5 ~ 200  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により 1000 ~ 2000 Å 程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、第 3 の工程として、微細開口 62'' a をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板 12'' の裏面 12'' B 側から微細孔 13 を穿設する（図 24 (C)）。この微細孔 13 の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔 13 の穿設は、シリコン基板 12'' を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔 13 の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板 12'' として、SOI (Silicon On Insulator) ウエハを使用することができる。SOI ウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜がエッチングのストップング層としての作用をなす。また、2 層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造の SOI ウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、第 4 の工程として、広幅開口 62'' b をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板 12'' の表面 12'' A 側から広幅凹部 13'' a を穿設する（図 24 (D)）。この広幅凹部 13'' a の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技

術により行うことができる。広幅凹部 13'' a の穿設は、微細孔 13 の開口が広幅凹部 13'' a 内に出現するまで行う。

次に、第 5 の工程として、上記のマスク薄膜 62'' を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、広幅凹部 13'' a の壁面に珪素酸化物層 14 を、微細孔 13 の壁面に珪素酸化物層 14 (珪素酸化物内面層 15 b) を、珪素窒化物層 61'' の小開口 61'' a 内に露出しているシリコン基板 12'' に珪素酸化物層 14 (珪素酸化物端面層 15 c) を、それぞれ厚み 5000~10000 Å 程度で形成する (図 25 (A))。

次に、第 6 の工程として、珪素窒化物層 61'' を除去し (図 25 (B))、珪素窒化物層 61'' の小開口 61'' a が形成されていたシリコン基板 12'' の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層 14 (珪素酸化物端面層 15 c) がマスクとなってシリコン基板 12'' の一部がエッチングされ、ノズル基部 15 a がシリコン基板 12'' と一体的に形成される。このノズル基部 15 a が所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 12'' のエッチング側に突出した微細ノズル 15 が得られる (図 25 (C))。上記のノズル基部 15 a の肉厚は、上記の小開口 61'' a と微細開口 62'' a との半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第 6 の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層 61 を除去することなく行ってもよい。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE 装置の Bosch プロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

## II-1 微細パターン形成装置

### (第 1 の実施形態)

図 26 は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図であり、図 27 は図 26 に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。図 26 および図 27 において、微細パターン形成装置 101 は、シリコン基板 102 と、このシリコン基板 102 の裏面 102 B 側に突出した微細ノズル 105 と、この微細ノズル 105 の先端面 105 a と外側面 105 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 102 の裏面 102 B に形成さ

れた補強層 106 と、支持部材 107 と、シリコン基板 102 と支持部材 107 との空隙部にインキを供給するインキ流路 108 と、このインキ流路 108 に接続されたインキ供給装置 109 とを備えている。

シリコン基板 102 は、表面 102A 側から裏面 102B 側に貫通する複数の微細孔 103 を備え、この微細孔 103 の表面 102A 側の開口部 103a は、上記のシリコン基板 102 と支持部材 107 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 102 の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは 200～500  $\mu\text{m}$  程度が好ましい。このようなシリコン基板 102 は、その線膨張係数が約  $2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$  と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔 103 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 102 の表面 102A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 102 の表面 102A に垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層 104 が設けられている。通常、この珪素酸化物層 104 の厚みは 5000～10000 Å 程度である。図示例では、シリコン基板 102 の厚み、微細孔 103 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 103 の開口径は 1～100  $\mu\text{m}$  程度、微細孔 103 のアスペクト比は 1～100 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 103 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 101 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 4  $\mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 103 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 103 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は 5～500  $\mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 103 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 102 の裏面 102B 側が狭い台形（テーパー形状）であってもよい。

微細ノズル 105 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 103 の壁面に形成された珪素酸化物層 104 と一体的に形成され、微細孔 103 に連通している。

この微細ノズル 105 の厚みは 5000 ~ 10000 Å の範囲、開口径は 1 ~ 100 μm の範囲、シリコン基板 102 の裏面 102B からの突出量は 1 ~ 150 μm の範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル 105 を設けることにより、微細孔 103 から吐出されたインキがシリコン基板 102 の裏面 102B 側に付着することが防止される。

補強層 106 は、上述の微細ノズル 105 を補強して機械的強度を向上させるものである。この補強層 106 は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層 106 は、微細ノズル 105 の先端面 105a と外側面 105b とを覆い、さらに、内側面 105c の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板 102 の裏面 102B に形成されている。この補強層 106 の厚みは上述の微細ノズル 105 の厚みの 2 倍以上、好ましくは 5 倍以上とすることができ、通常、1 ~ 5 μm の範囲で厚みを適宜設定することができる。

また、微細ノズル 105 の内側面 105c に形成される補強層 106 の厚みを変えることにより、微細ノズル 105 の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつ微細ノズル 105 を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、微細ノズル 105 の内側面 105c に形成する補強層 106 の厚みを制御して、所望の開口径をもつ微細ノズル 105 を形成することができる。

補強層 106 の形成は、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいのので、立体構造を有する微細ノズル 105 の内側面 105c への形成に有利である。

尚、図示例では、補強層 106 は、シリコン基板 102 の裏面 102B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 106 を備えないものであってもよい。

支持部材 107 は、上述のシリコン基板 102 の表面 102A 側に配設され、シリコン基板 102 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 107 はシリコン基板 102 と同じ平面形状の基部 107a と、この基部 107a の周縁に設けられたフランジ部 107b、基部 107a の中央に設けられた開口部 1

07cからなり、フランジ部107bにてシリコン基板102の表面102A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板102と支持部材107との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材107をシリコン基板102に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材107は、その線膨張係数がシリコン基板102の線膨張係数の $1/10$ 倍～ $10$ 倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数 $=3.5 \times 10^{-6}/K$ ）、SUS304（線膨張係数 $=17.3 \times 10^{-6}/K$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板102と支持部材107との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板102の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路108は、上記の支持部材7の開口部107cに接続され、その他端はインキ供給装置109に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路108が1つ接続されているが、微細パターン形成装置101の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部107cを複数設け、各開口部107cにインキ流路108を接続してもよい。また、支持部材107やシリコン基板102を加工することにより、インキ流路を支持部材107および／またはシリコン基板102の内部に形成してもよい。

インキ供給装置109は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置101の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置101は、補強層106により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ微細ノズル105をシリコン基板102の裏面に複数備え、これらの微細ノズル105からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板102の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置109を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度



のパターンを安定して形成することができる。

上述の補強層 106 は、用いる材料により、使用するインキに対する濡れ性が良好となり、微細ノズル 105 から流出したインキがシリコン基板 102 の裏面 102 B に濡れ広がり、安定したインキ吐出を妨げることがある。そこで、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも微細ノズル 105 の外側面 105 b に形成された補強層 106 と、シリコン基板 102 の裏面 102 B とに、撥水性層を備えるものとすることができる。図 27 には、一点鎖線で撥水性層を示してある。撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものとすることができる。フルオロカーボンとしては、炭素元素数とフッ素元素数の比率が 1 : 1 ~ 1 : 2 の範囲であるようなものが好ましい。この撥水性層は、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、(熱) CVD 法等を用いて形成することができ、厚みは 200 ~ 500 Å 程度とすることができる。

#### (第 2 の実施形態)

図 28 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 28 において、微細パターン形成装置 111 は、シリコン基板 112 と、このシリコン基板 112 の表面 112 A に形成されたテーパ形状の凹部 113' a と、シリコン基板 112 の裏面 112 B 側に突出した微細ノズル 115 と、この微細ノズル 115 の先端面 115 a と外側面 115 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 112 の裏面 112 B に形成された補強層 116 と、支持部材 117 と、シリコン基板 112 と支持部材 117 との空隙部にインキを供給するインキ流路 118 と、このインキ流路 118 に接続されたインキ供給装置 119 とを備えている。

シリコン基板 112 は、表面 112 A 側の複数のテーパ形状の凹部 113' a の底部から裏面 112 B 側に貫通する微細孔 113 を備え、この微細孔 113 の表面 112 A 側の開口部 113 a はテーパ形状の凹部 113' a に露出し、テーパ形状の凹部 113' a は上記のシリコン基板 112 と支持部材 117 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 112 は、表面 112 A と裏面 112 B の結晶方位が  $\langle 100 \rangle$  であるシリコンの単結晶であり、厚みは 200 ~ 500 μm 程度が好ましい。このようなシリコン基板 112 は、そ

の線膨張係数が約  $2.6 \times 10^{-6}/K$  と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパ形状の凹部 113' a の壁面は、珪素酸化物層 114 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 114 の厚みは  $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$  程度である。凹部 113' a のテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは  $5 \sim 150 \mu\text{m}$  程度、最大開口径は  $10 \sim 200 \mu\text{m}$  程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部 113' a の壁面は、シリコン基板 112 の表面 112 A ( $\langle 100 \rangle$  面) に対して  $55^\circ$  をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板 112 の厚み、テーパ形状の凹部 113' a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 113' a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 111 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 113 とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $10 \mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 113 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 112 の表面 112 A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 112 の表面 112 A に垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 113' a の壁面から連続するように珪素酸化物層 114 が設けられている。通常、図示例では、微細孔 113 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 113 の開口径は  $1 \sim 100 \mu\text{m}$  程度、微細孔 113 のアスペクト比は  $1 \sim 100$  程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 113 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 111 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $10 \mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 113 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 113 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は  $5 \sim 500 \mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔

113の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板112の裏面112B側が狭い台形（例えば、上記のテーパ形状の凹部113' aのテーパ角度よりも開きの小さいテーパ形状）であってもよい。

微細ノズル115は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔113の壁面に形成された珪素酸化物層114と一体的に形成され、微細孔113に連通している。この微細ノズル115の厚みは5000～10000 Åの範囲、開口径は1～100 μmの範囲、シリコン基板112の裏面112Bからの突出量は1～150 μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル115を設けることにより、微細孔113から吐出されたインキがシリコン基板112の裏面112B側に付着することが防止される。

補強層116は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル115を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層116も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層116は、微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを覆い、さらに、内側面115cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板112の裏面112Bに形成されている。この補強層116の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる。尚、補強層116はシリコン基板112の裏面112Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層116を備えないものであってもよい。

尚、支持部材117、インキ流路118、および、インキ供給装置119は、上述の微細パターン形成装置101の支持部材107、インキ流路108、および、インキ供給装置109と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置111は、テーパ形状の凹部113' aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板112の裏面の複数の微細ノズル115から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板112の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層116により微細ノズル115の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ。さらに、インキ供

給装置 119 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

尚、微細パターン形成装置 111 においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル 115 の外側面 115b に形成された補強層 116 と、シリコン基板 112 の裏面 112B とに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

### (第 3 の実施形態)

図 29 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 29 において、微細パターン形成装置 121 は、シリコン基板 122 と、このシリコン基板 122 の表面 122A に形成された多段形状の凹部 123' a と、シリコン基板 122 の裏面 122B 側に突出した微細ノズル 125 と、この微細ノズル 125 の先端面 125a と外側面 125b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 122 の裏面 122B に形成された補強層 126 と、支持部材 127 と、シリコン基板 122 と支持部材 127 との空隙部にインキを供給するインキ流路 128 と、このインキ流路 128 に接続されたインキ供給装置 129 とを備えている。

シリコン基板 122 は、表面 122A 側の複数の多段形状の凹部 123' a の底部から裏面 122B 側に貫通する微細孔 123 を備え、この微細孔 123 の表面 122A 側の開口部 123a は凹部 123' a に露出し、この凹部 123' a は上記のシリコン基板 122 と支持部材 127 とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔 123 は微細開口部である開口部 123a と、広幅開口部である凹部 123' a とからなる 2 段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板 122 の材質は、上述のシリコン基板 102 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 102 と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板 122 は、凹部 123' a と微細孔 123 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ SOI (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

凹部 123' a の壁面は、珪素酸化物層 124 が設けられており、通常、この

珪素酸化物層 1 2 4 の厚みは 5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å 程度である。凹部 1 2 3' a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは 1 ~ 1 5 0 μm 程度、開口径は 5 ~ 2 0 0 μm 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 1 2 2 の厚み、凹部 1 2 3' a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 1 2 3' a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 2 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 1 2 3 とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 0 μm 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 1 2 3 a と、広幅開口部である凹部 1 2 3' a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい。

行ってもよい。

微細孔 1 2 3 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 1 2 2 の表面 1 2 2 A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 1 2 2 の表面 1 2 2 A に垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 1 2 3' a の壁面から連続するように珪素酸化物層 1 2 4 が設けられている。通常、図示例では、微細孔 1 2 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 1 2 3 の開口径は 1 ~ 1 0 0 μm 程度、微細孔 1 2 3 のアスペクト比は 1 ~ 1 0 0 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 2 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 1 2 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 0 μm 程度が好ましい。

微細孔 1 2 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 1 2 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は 5 ~ 5 0 0 μm の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 1 2 3 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B 側が狭い台形（テーパ形状）であってもよい。

微細ノズル 1 2 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 1 2 3 の壁面に形成

された珪素酸化物層 1 2 4 と一体的に形成され、微細孔 1 2 3 に連通している。この微細ノズル 1 2 5 の厚みは 5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å の範囲、開口径は 1 ~ 1 0 0 μm の範囲、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B からの突出量は 1 ~ 1 5 0 μm の範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル 1 2 5 を設けることにより、微細孔 1 2 3 から吐出されたインキがシリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B 側に付着することが防止される。

補強層 1 2 6 は、上述の補強層 1 0 6 と同様の構成であり、微細ノズル 1 2 5 を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層 1 2 6 も、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層 1 2 6 は、微細ノズル 1 2 5 の先端面 1 2 5 a と外側面 1 2 5 b とを覆い、さらに、内側面 1 2 5 c の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B に形成されている。この補強層 1 2 6 の厚みは、上述の補強層 1 0 6 と同様とすることができる。尚、補強層 1 2 6 はシリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 1 2 6 を備えないものであってもよい。

尚、支持部材 1 2 7、インキ流路 1 2 8、および、インキ供給装置 1 2 9 は、上述の微細パターン形成装置 1 0 1 の支持部材 1 0 7、インキ流路 1 0 8、および、インキ供給装置 1 0 9 と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置 1 2 1 は、多段形状の凹部 1 2 3' a を備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板 1 2 2 の裏面の複数の微細ノズル 1 2 5 から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 2 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層 1 2 6 により微細ノズル 1 2 5 の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ。また、インキ供給装置 1 2 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

尚、微細パターン形成装置 1 2 1 においても、上述の実施形態と同様に、撥水

性層を少なくとも微細ノズル 1 2 5 の外側面 1 2 5 b に形成された補強層 1 2 6 と、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B とに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

(第 4 の実施形態)

図 3 0 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図 3 1 は図 3 0 に示される微細パターン形成装置の底面図である。図 3 0 および図 3 1 において、微細パターン形成装置 1 3 1 は、連続した 3 つの装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c からなり、共通のシリコン基板 1 3 2 と、このシリコン基板 1 3 2 の裏面 1 3 2 B から突出している複数の微細ノズル 1 3 5 と、この微細ノズル 1 3 5 の先端面 1 3 5 a と外側面 1 3 5 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 1 3 2 の裏面 1 3 2 B に形成された補強層 1 3 6 と、シリコン基板 1 3 2 の表面 1 3 2 A 側に配設された 3 つの支持部材 1 3 7 と、シリコン基板 1 3 2 と各支持部材 1 3 7 との空隙部にインキを供給する 3 つのインキ流路 1 3 8 と、これらのインキ流路 1 3 8 に接続されたインキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c とを備えている。

シリコン基板 1 3 2 は、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c ごとに、表面 1 3 2 A 側から裏面 1 3 2 B 側に貫通する複数の微細孔 1 3 3 を備え、この微細孔 1 3 3 の表面 1 3 2 A 側の開口部 1 3 3 a は、シリコン基板 1 3 2 と各支持部材 1 3 7 とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板 1 3 2 の材質は上述のシリコン基板 1 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 1 0 2 と同様の範囲で設定することができる。

微細孔 1 3 3 は、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c ごとに所定方向(図 3 1 の矢印 A 方向)に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル 1 3 5 の開口部 1 3 5 d も同様に配置されている。すなわち、装置部 1 3 1 a では、矢印 A 方向に沿って配置された微細孔 1 3 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成され、同様に、装置部 1 3 1 b、装置部 1 3 1 c でも、微細孔 1 3 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成されている。そして、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c における微細孔 1 3 3 の列は、相互にピッチ P 2 ( $P 1 = 3 \times P 2$ ) で位置がずれているので、微細パターン形成装置 1 3 1 全体とし

ては、ピッチP2で各装置部131a, 131b, 131cの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔133の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔103と同様にして適宜設定できる。また、微細孔133の壁面に形成されている珪素酸化物層134も、上述の珪素酸化物層104と同様とすることができる。尚、図示例では、シリコン基板132の厚み、珪素酸化物層134を備えた微細孔133の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

微細ノズル135は、上述の微細ノズル105と同様の構成であり、上記の微細孔133の壁面に形成された珪素酸化物層134と一体的に形成され、微細孔133に連通している。このような微細ノズル135において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル105と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル135を設けることにより、微細孔133から吐出されたインキがシリコン基板132の裏面132B側に付着することが防止される。

補強層136は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル135を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層136も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層136は、微細ノズル135の先端面135aと外側面135bとを覆い、さらに、内側面135cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板132の裏面132Bに形成されている。この補強層136の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる。尚、補強層136はシリコン基板132の裏面132Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層136を備えないものであってもよい。

支持部材137は、上述のシリコン基板132の表面132A側に配設され、シリコン基板132を保持するためのものである。図示例では、支持部材137は、上述の支持部材107と同様に、シリコン基板132と同じ平面形状の基部137aと、この基部137aの周縁に設けられたフランジ部137b、基部137aの中央に設けられた開口部137cからなり、フランジ部137bにてシリコン基板132の表面132A側に固着されている。これにより、シリコン基



## 61

板 1 3 2 と各支持部材 1 3 7 との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材 1 3 7 をシリコン基板 1 3 2 に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 1 3 7 の材質は、上述の支持部材 1 0 7 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 1 3 2 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路 1 3 8 は、上記の各支持部材 1 3 7 の開口部 1 3 7 c に接続され、他端はインキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c に接続されている。インキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 1 3 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 1 3 7 に設けられているインキ流路 1 3 8 は 1 つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 1 3 7 に複数の開口部 1 3 7 c を設け、各開口部 1 3 7 c にインキ流路 1 3 8 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 1 3 7 の内部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置 1 3 1 は、微細ノズル 1 3 5 が補強層 1 3 6 により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもち、これらの複数の微細ノズル 1 3 5 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 1 3 2 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置 1 3 1 は、各装置部 1 3 1 a, 1 3 1 b, 1 3 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。

尚、微細パターン形成装置 1 3 1 においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル 1 3 5 の外側面 1 3 5 b に形成された補強層 1 3 6 と、シリコン基板 1 3 2 の裏面 1 3 2 B とに設けることができる。また、この撥

水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

また、微細パターン形成装置 1 3 1 においても、微細孔 1 3 3 の表面 1 3 2 A 側の開口部 1 3 3 a を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 1 3 5 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

(第 5 の実施形態)

図 3 2 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 3 2 (A) は概略断面図、図 3 2 (B) は底面図である。図 3 2 において、微細パターン形成装置 1 4 1 は、シリコン基板 1 4 2 と、このシリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B から突出している複数の微細ノズル 1 4 5 と、この微細ノズル 1 4 5 の先端面 1 4 5 a と外側面 1 4 5 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B に形成された補強層 1 4 6 と、シリコン基板 1 4 2 の表面 1 4 2 A 側に配設された支持部材 1 4 7 と、シリコン基板 1 4 2 および支持部材 1 4 7 内に形成された 3 種のインキ流路 1 4 8 a, 1 4 8 b, 1 4 8 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 1 4 9 a, 1 4 9 b, 1 4 9 c とを備えている。

シリコン基板 1 4 2 は表面 1 4 2 A 側から裏面 1 4 2 B 側に貫通する複数の微細孔 1 4 3 を備え、この微細孔 1 4 3 の表面 1 4 2 A 側の開口部 1 4 3 a は、表面 1 4 2 A 側に溝状に形成された 3 種のインキ流路 1 4 8 a, 1 4 8 b, 1 4 8 c 内のいずれかに露出している。シリコン基板 1 4 2 の材質は上述のシリコン基板 1 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 1 0 2 と同様の範囲で設定することができる。

微細孔 1 4 3 (後述する微細ノズル 1 4 5 の開口部 1 4 5 d) は所定方向 (図 3 2 (B) の矢印 a 方向) に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチ P で複数形成されている。図示例では、矢印 a 方向に沿って複数の微細孔が配列された 6 本の微細孔列 1 4 3 A, 1 4 3 B, 1 4 3 C, 1 4 3 D, 1 4 3 E, 1 4 3 F がピッチ P で形成されている。このような微細孔 1 4 3 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 1 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 1 4 3 の壁面に形成されている珪素酸化物層 1 4 4 も、上述の

珪素酸化物層 104 と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 144 を備えた微細孔 143 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

微細ノズル 145 は、上述の微細ノズル 105 と同様の構成であり、上記の微細孔 143 の壁面に形成された珪素酸化物層 144 と一体的に形成され、微細孔 143 に連通している。このような微細ノズル 145 において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル 105 と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル 145 を設けることにより、微細孔 143 から吐出されたインキがシリコン基板 142 の裏面 142B 側に付着することが防止される。

補強層 146 は、上述の補強層 106 と同様の構成であり、微細ノズル 145 を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層 146 も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層 146 は、微細ノズル 145 の先端面 145a と外側面 145b とを覆い、さらに、内側面 145c の先端面近傍に形成されている。また、補強層 146 は、シリコン基板 142 の裏面 142B に形成されている。この補強層 146 の厚みは、上述の補強層 106 と同様とすることができ、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いて形成することができる。尚、補強層 146 は、シリコン基板 142 の裏面 142B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 146 を備えないものであってもよい。

支持部材 147 は、上述のシリコン基板 142 の表面 142A 側に配設されてシリコン基板 142 を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材 147 のシリコン基板 142 側にはインキ流路 148c が溝状に形成されている。

図 33 は、図 32 (A) に示されるシリコン基板 142 の A-A 線矢視における横断面図、図 34 は図 32 (A) に示される支持部材 147 の B-B 線矢視における横断面図である。

図 32 (A) および図 33 に示されるように、シリコン基板 142 には、微細孔列 143A, 143D の各開口部とインキ供給装置 149a とを接続するように形成された溝状のインキ流路 148a、および、微細孔列 143B, 143E

の各口部とインキ供給装置 149b とを接続するように形成された溝状のインキ流路 148b とが形成されている。また、微細孔列 143C, 143F の各開口部上にインキ流路 148c が溝状に形成されている。さらに、図 32 (A) および図 34 に示されるように、支持部材 147 には、微細孔列 143C, 143F の各開口部とインキ供給装置 149c とを接続するように形成された溝状のインキ流路 148c が形成されている。

このような支持部材 147 とシリコン基板 142 との間に形成される 3 種のインキ流路 148a, 148b, 148c は、図 35 に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材 147 の材質は、上述の支持部材 107 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 142 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路 148a, 148b, 148c の端部はインキ供給装置 149a, 149b, 149c に接続されている。インキ供給装置 149a, 149b, 149c には特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置 141 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置 141 は、補強層 146 により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ微細ノズル 145 をシリコン基板 142 の裏面に複数備え、これらの微細ノズル 145 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 142 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 149a, 149b, 149c から別種のインキを供給することにより、各インキ流路 148a, 148b, 148c に対応してグループ分け（微細孔列 143A と 143D のグループ、微細孔列 143B と 143E のグループ、微細孔列 143C と 143F のグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置 141 は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置 149a, 149b, 149c を制御して供給量を変えることによ

てインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

尚、微細パターン形成装置 1 4 1 においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル 1 4 5 の外側面 1 4 5 b に形成された補強層 1 4 6 と、シリコン基板 1 4 2 の裏面 1 4 2 B とに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

また、微細パターン形成装置 1 4 1 においても、微細孔 1 4 3 の表面 1 4 2 A 側の開口部 1 4 3 a を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル 1 4 5 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

#### (第 6 の実施形態)

図 3 6 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図 3 6 において、微細パターン形成装置 1 5 1 は、シリコン基板 1 5 2 と、このシリコン基板 1 5 2 の裏面から突出している複数の微細ノズルと、この微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 1 5 2 の裏面に形成された補強層と、シリコン基板 1 5 2 と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図 3 6 では、シリコン基板 1 5 2 のみを示し、微細ノズル、補強層、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板 1 5 2 は表面 1 5 2 A 側から裏面側に貫通する複数の微細孔 1 5 3 を備え、この微細孔 1 5 3 が 1 つのパターン P をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では 1 0 個）のパターン P がシリコン基板 1 5 2 に設けられている。尚、微細孔 1 5 3 は 1 つのパターン P においてのみ示し、他のパターン P はその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板 1 5 2 の材質は上述のシリコン基板 1 0 2 と同様とすることができる。また、厚みもシリコン基板 2 と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔 1 5 3 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 1 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 1 5 3 は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層 1 0 4 と同様とすることができる。

このようなシリコン基板 1 5 2 に裏面側には、微細孔 1 5 3 に連通するように

複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル 105 と同様とすることができる。

また、補強層は、微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆うように形成され、また、シリコン基板 152 の裏面に形成されてもよい。この補強層は、上述の補強層 106 と同様の構成であり、微細ノズルを補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。この補強層の厚みは、上述の補強層 106 と同様とすることができ、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いて形成することができる。

また、シリコン基板 152 は、上述の支持部材 107 のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図 36 に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置 151 は、微細ノズルが補強層により機械的強度の高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもち、シリコン基板 152 の微細孔 153（微細ノズル）からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板 152 の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターン P に対して形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターン P が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

尚、微細パターン形成装置 151 においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズルの外側面に形成された補強層と、シリコン基板 152 の裏面とに設けることができる。

また、微細パターン形成装置 151 においても、微細孔 153 のシリコン基板

表面側の開口部を、上述の実施形態のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

## II-2 微細パターン形成装置の製造例

次に、本発明の微細パターン形成装置の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図37および図38を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板102を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1~2 $\mu$ m程度の珪素酸化膜102'を形成する(図37(A))。尚、珪素酸化膜102'の形成は、ウエット酸化法により行ってもよい。

次に、シリコン基板102の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図37(B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16(一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液)を用いて珪素酸化膜102'をパターニングする(図37(C))。このパターニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング(プロセスガス:CHF<sub>3</sub>)により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜102'は除去される。

次に、パターニングされた珪素酸化膜102'をマスクとして、シリコン基板102に所望の深さで微細孔103を穿設する(図37(D))。この微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング、ウエットエッチング、Deep RIEエッチング等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔103の穿設は、シリコン基板102を貫通しない所定の深さまで行う。

次に、レジストパターンRと珪素酸化膜102'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸

化物層 104 を形成する (図 37 (E))。

次に、支持部材 7 のフランジ部 107b をシリコン基板 102 の表面側 (微細孔穿設側) の周辺部に固着する (図 38 (A))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。尚、支持部材 107 を固着する前に、シリコン基板 102 の表面 102A のみを BHF 16 に浸漬して珪素酸化物層 4 を除去してもよい。この場合、微細孔 103 内の珪素酸化物層 104 を除去しないようにすることが重要である。

次いで、シリコン基板 102 の外面側のみを BHF 16 に浸漬して、この部位の珪素酸化物層 104 を除去してシリコン基板 102 の裏面を露出させ、その後、TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム) によりシリコン基板 102 の裏面側からエッチングを行う (図 38 (B))。このエッチングでは、微細孔 103 内壁に形成されている珪素酸化物層 104 が TMAH に対して耐性をもつので、珪素酸化物層 104 からなる微細管がシリコン基板 102 側に突出することになる。

次いで、この珪素酸化物層 104 からなる微細管の先端を BHF 16 により溶解除去して開口させ、その後、再び TMAH によりシリコン基板 102 の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層 104 からなる微細ノズル 105 が形成されたところで TMAH によるエッチングを終了する (図 38 (C))。

次いで、補強層 106 を微細ノズル 105 の先端面 105a と外側面 105b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 102 の裏面 102B に形成する (図 38 (D))。補強層 106 の形成は、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いることができる。特に、プラズマ CVD 法は回り込み量が大きいのので、微細ノズル 105 の内側面 105c への形成に有利である。その後、支持部材 107 の開口部 107c にインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図 26 に示されるような本発明の微細パターン形成装置 101 を作製することができる。

尚、上記のシリコン基板 102 の裏面側のエッチングは、TMAH を用いる他に、RIE (Reactive Ion Etching) によるドライプロセスでも可能である。

また、上記の例では、珪素酸化物膜 102' を形成しているが、珪素酸化物膜の代



わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程（図37（C））では、アルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図39および図40を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板102の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）層102'を形成する（図39（A））。珪素窒化物層102'の形成は、減圧CVD法等により行うことができる。

次に、一方の面の珪素窒化物層102'上にマスク薄膜を形成し、このマスク薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとしてマスク薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部をもつマスクパターン102''を形成する（図39（B））。このマスクパターン102''の微細開口部の大きさは、微細孔103および微細ノズル105の開口径を決定するものであり、通常、微細開口部を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、マスクパターン102''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板102に貫通微細孔103を穿設する（図39（C））。この貫通微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。この方法では、微細孔103の穿設の深さを制御する必要ないため、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔103の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスクパターン102''を除去し、熱酸化炉で酸化することによ

り、貫通微細孔103の壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層104を形成する(図39(D))。

次に、珪素窒化物層102'を除去した後に、シリコン基板102の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板102の一部がエッチングされ、貫通微細孔103内壁に形成されている珪素酸化物層104が露出する。この珪素酸化物層104が所望の長さまで露出してところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板102のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル105が得られる(図40(A))。

上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)により行うことが好ましいが、これに限定されるものではない。

また、上記のドライエッチングを行うシリコン基板102の面として、上述のマスクパターン102''が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、上記のディープエッチングで、エッチングエンド(図の下方側)の形状は多少バラツキが生じ易いが、マスクパターン102''が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル105の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル105を得ることがより容易となる。

次に、支持部材107のフランジ部107bをシリコン基板102の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着する(図40(B))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層106を微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成する(図40(C))。補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいのので、微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。その後、支持部材107の開口部107cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図26に示されるような本発明の微細パターン形成装置101を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図28に示される微細パター

ン形成装置 1 1 1 を例として図 4 1 乃至図 4 3 を参照して説明する。

まず、表面結晶方位  $\langle 100 \rangle$  のシリコン基板 1 1 2 の表面を洗浄し、このシリコン基板 1 1 2 の全面に厚み 200 ~ 3000 Å 程度の珪素窒化物 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層 1 1 2' を形成する。

次に、シリコン基板 1 1 2 の表面 1 1 2 A 側の珪素窒化物層 1 1 2' 上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターン R を形成し、次いで、このレジストパターン R をマスクとして珪素窒化物層 1 1 2' を R I E (Reactive Ion Etching (プロセスガス:  $\text{CF}_4$  または  $\text{SF}_6$ )) によりエッチングして、テーパ用開口 1 1 2' a をもつパターンを形成する (図 4 1 (A))。珪素窒化物層 1 1 2' の形成は、減圧 CVD 法等により行うことができる。この珪素窒化物層 1 1 2' のテーパ用開口 1 1 2' a の大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部 1 1 3' a の深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を 10 ~ 200  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、珪素窒化物層 1 1 2' をマスクとして、シリコン基板 1 1 2 に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口 1 1 2' a に露出しているシリコン基板 1 1 2 が、結晶方位  $\langle 111 \rangle$  面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ開口の頂点が閉じるまで (逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで) 行うことが好ましい。これにより、シリコン基板 1 1 2 の表面 1 1 2 A 側にテーパ形状の凹部 1 1 3' a が形成される (図 4 1 (B))。

次に、レジストパターン R を除去し、シリコン基板 1 1 2 の表面 1 1 2 A 側および裏面 1 1 2 B 側にマスク薄膜 1 1 2'' を形成する。次いで、テーパ状凹部 1 1 3' a が形成されていないシリコン基板 1 1 2 の裏面 1 1 2 B 側のマスク薄膜 1 1 2'' をパターンニングして微細開口 1 1 2'' a を形成する (図 4 1 (C))。この微細開口 1 1 2'' a は、その開口中心がシリコン基板 1 1 2 を介して上記のテーパ状凹部 1 1 3' a の中心 (頂点) とほぼ一致するように形成する。また、微細開口 1 1 2'' a の大きさは、後述する微細孔 1 1 3 および微細ノズル 1 1 5 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口 1 1 2'' a を 1 ~ 100  $\mu\text{m}$  の

範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

次に、マスク薄膜112''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板112に裏面112B側から貫通微細孔113を穿設する（図42（A））。この貫通微細孔113の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔113がテーパ形状凹部113' a内まで貫通したところで、シリコン基板112の表面112A側に形成したマスク薄膜112''（テーパ形状凹部113' a内のマスク薄膜112''）がストッピング層として作用するので、微細孔113の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔113の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスク薄膜112''を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔113の壁面、および、テーパ形状凹部113' aの壁面に厚み5000～10000 Å程度の珪素酸化物層114を形成する（図42（B））。

次に、珪素窒化物層112'を除去し、テーパ形状凹部113' aが形成されていないシリコン基板112の裏面112B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板112の一部がエッチングされ、貫通微細孔113内壁に形成されている珪素酸化物層114が露出する。この珪素酸化物層114が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板112のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル115が得られる（図42（C））。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

次に、支持部材 1 1 7 のフランジ部 1 1 7 b をシリコン基板 1 1 2 の表面側(テーパー形状凹部形成側)の周辺部に固着する(図 4 3 (A))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層 1 1 6 を微細ノズル 1 1 5 の先端面 1 1 5 a と外側面 1 1 5 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 1 1 2 の裏面 1 1 2 B に形成する(図 4 3 (B))。補強層 1 1 6 の形成は、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいのので、微細ノズル 1 1 5 の内側面 1 1 5 c への形成に有利である。その後、支持部材 1 1 7 の開口部 1 1 7 c にインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図 2 8 に示されるような本発明の微細パターン形成装置 1 1 1 を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図 2 9 に示される微細パターン形成装置 1 2 1 を例として図 4 4 および図 4 5 を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板 1 2 2 の全面に厚み 2 0 0 ~ 3 0 0 0 Å 程度の珪素窒化物 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層 1 2 2' を形成する。次に、両面の珪素窒化物層 1 2 2' 上にマスク薄膜 1 2 2'' を形成し、シリコン基板 1 2 2 の表面 1 2 2 A 側のマスク薄膜 1 2 2'' をパターンニングして広幅開口 1 2 2'' a をもつマスクパターンを形成し、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B 側のマスク薄膜 1 2 2'' をパターンニングして微細開口 1 2 2'' b をもつマスクパターンを形成する(図 4 4 (A))。広幅開口 1 2 2'' a の開口中心は、シリコン基板 1 2 2 を介して微細開口 1 2 2'' b の開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口 1 2 2'' a の大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部 1 2 3' a の開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を 5 ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口 1 2 2'' b の大きさは、後述する微細孔 1 2 3 および微細ノズル 1 2 5 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を 1 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層 1 2 2' の形成は、上述の珪素窒化物層 1 1 2' と同様に行うことができる。また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの(レジスト/ケイ

素酸化物薄膜) が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、微細開口122″bをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板122の裏面122B側から微細孔123を穿設する(図44(B))。この微細孔123の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔123の穿設は、シリコン基板122を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔123の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板122として、SOI(Silicon On Insulator)ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔123の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、広幅開口122″aをもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板122の表面122A側から広幅凹部123′aを穿設する(図44(C))。この広幅凹部123′aの穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)装置を用いたBoschプロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。広幅凹部123′aの穿設は、微細孔123の開口が広幅凹部123′a内に出現するまで行う。

次に、上記のマスク薄膜122″を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔123の壁面、および、広幅凹部123′aの壁面に厚み5000～10

0 0 0 Å程度の珪素酸化物層 4 を形成する (図 4 4 (D))。

次に、珪素窒化物層 1 2 2' を除去し、広幅凹部 1 2 3' が形成されていないシリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B 側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板 1 2 2 の一部がエッチングされ、貫通微細孔 1 2 3 内壁に形成されている珪素酸化物層 1 2 4 が露出する。この珪素酸化物層 1 2 4 が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 1 2 2 のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル 1 2 5 が得られる (図 4 5 (A))。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

次に、支持部材 1 2 7 のフランジ部 1 2 7 b をシリコン基板 1 2 2 の表面側(多段形状凹部の形成側)の周辺部に固着する (図 4 5 (B))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、補強層 1 2 6 を微細ノズル 1 2 5 の先端面 1 2 5 a と外側面 1 2 5 b とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板 1 2 2 の裏面 1 2 2 B に形成する (図 4 5 (C))。補強層 1 2 6 の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいのので、微細ノズル 1 2 5 の内側面 1 2 5 c への形成に有利である。その後、支持部材 1 2 7 の開口部 1 2 7 c にインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図 2 9 に示されるような本発明の微細パターン形成装置 1 2 1 を作製することができる。

### II-3 微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

まず、図 4 6 は、上述の本発明の微細パターン形成装置 1 3 1 を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図 4 6 において、本発明の微細パターン形成装置 1 3 1 のインキ供給装置 1 3 9 a, 1 3 9 b, 1 3 9 c から、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路 1 3 8 を介して供給しながら、パターン被形成体 S を微細パターン形成装置 1 3 1 に対して所定方向(矢印A方向)

に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置131における微細孔の配列方向A（図31参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置131のシリコン基板132とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。

これにより、シリコン基板132の微細ノズル135から吐出されたインキによって、パターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔133や微細ノズル135の径の大きさを変えて（微細ノズルの内側面に形成される補強層136の厚みを変える場合も含む）吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置131と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

次に、図47は、本発明の微細パターン形成装置151を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図47において、微細パターン形成装置151（図示例では、シリコン基板152のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔（微細ノズル）を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターンPが形成できる。尚、微細パターン形成装置151のシリコン基板152とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。



また、微細パターン形成装置 31 における複数の微細孔（微細ノズル）から構成されるパターン P を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィ法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

### III-1 微細パターン形成装置

#### （第 1 の実施形態）

図 48 は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図 48 において、微細パターン形成装置 201 は、シリコン基板 202 と、このシリコン基板 202 の表面 202A 側に配設された主電極 206、支持部材 208 と、シリコン基板 202 の裏面 202B 側に所定の間隔を設けて配置された対向電極 207 と、シリコン基板 202 と支持部材 208 との空隙部にインキを供給するインキ流路 209 と、このインキ流路 209 に接続されたインキ供給装置 210 とを備えている。

シリコン基板 202 は、表面 202A 側から裏面 202B 側に貫通する複数の微細孔 203 を備え、この微細孔 203 の表面 202A 側の開口部 203a は、上記のシリコン基板 202 と支持部材 208 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 202 の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは 200～500  $\mu\text{m}$  程度が好ましい。このようなシリコン基板 202 は、その線膨張係数が約  $2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$  と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

微細孔 203 は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板 202 の表面 202A に平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板 202 の表面 202A に垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層 204 が設けられている。通常、この珪素酸化物層 204 の厚みは 5000～10000 Å 程度である。図示例では、シリコン基板 202 の厚み、珪素酸化物層 204 を備えた微細孔 203 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 203 の開口径は 1～100  $\mu\text{m}$  程度、微細孔 203 のアスペクト比は 1～100 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 203 の形成数および

形成ピッチは、微細パターン形成装置 201 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で  $2\ \mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 203 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 203 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は  $5\sim 500\ \mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 203 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 202 の裏面 202B 側が狭い台形（テーパ形状）であってもよい。

図 49 は、シリコン基板 202 の表面 202A 側に配設された主電極 206 を説明するための支持部材 208 を取り除いた状態の平面図である。図 49 に示されるように、主電極 206 は、開口部 206a を有し、複数（図示例では 5 個）の微細孔 203 を囲むように配設されている。主電極 206 は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 202 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極 207 は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 207 は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極 206 に所定の電圧が印加されたときに主電極 206 との間で電界を生じさせる作用をなす。この対向電極 207 は、例えば、ドラム形状、平板形状等とすることができる。この場合、シリコン基板 202 と対向電極 207 との間隙部、あるいは、対向電極 207 上にパターン被形成体を位置させて、後述するように、直接描画によりパターン形成を行うことができる。また、パターン被形成体が導電性を有する場合には、パターン被形成体に対向電極を兼ねさせてもよく、より細いラインを描画するには、対向電極 207 を接地状態とすることが好ましい。上記のパターン被形成体とシリコン基板 202 との距離は  $50\sim 500\ \mu\text{m}$  程度の範囲内で設定することができる。

このような対向電極 207 は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を

有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

支持部材 208 は、上述のシリコン基板 202 の表面 202 A 側に配設され、シリコン基板 202 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 208 はシリコン基板 202 と同じ平面形状の基部 208 a と、この基部 208 a の周縁に設けられたフランジ部 208 b、基部 208 a の中央に設けられた開口部 208 c からなり、フランジ部 208 b にてシリコン基板 202 の表面 202 A 側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板 202 と支持部材 208 との間にインキが供給される空間（インキ供給空間）が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材 208 をシリコン基板 202 に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

この支持部材 208 は、その線膨張係数がシリコン基板 202 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング #7740、線膨張係数  $= 3.5 \times 10^{-6}/K$ ）、SUS304（線膨張係数  $= 17.3 \times 10^{-6}/K$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板 202 と支持部材 208 との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板 202 の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

インキ流路 209 は、上記の支持部材 208 の開口部 208 c に接続され、その他端はインキ供給装置 210 に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路 209 が 1 つ接続されているが、微細パターン形成装置 201 の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部 208 c を複数設け、各開口部 208 c にインキ流路 209 を接続してもよい。また、支持部材 208 やシリコン基板 202 を加工することにより、インキ流路を支持部材 208 および／またはシリコン基板 202 の内部に形成してもよい。

インキ供給装置 210 は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置 201 の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置 201 は、インキ吐出手段として、主電極 206 と対向電極間 207 との間に形成される電界と、インキ供給装置 210 からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板 202 の微細孔 203 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。ここで、低圧力とは、5 p s i 以下の圧力を意味する。以下、本発明の説明において同様である。

また、主電極 206 と対向電極 207 間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔 203 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔 203 から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。さらに、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔 203 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

#### (第 2 の実施形態)

図 50 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 50 に示されるように、微細パターン形成装置 211 は、基本構造は上記の微細パターン形成装置 201 と同じであり、シリコン基板 212 の裏面 212 B 側の微細孔 213 の開口部 213 b にノズル 215 が突設されたものである。このノズル 215 は、珪素酸化物からなり、上記の珪素酸化物層 214 と一体的に形成され、突出量は 10 ~ 400  $\mu$ m の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル 215 を設けることにより、微細孔 213 から吐出されたインキがシリコン基板 212 の裏面 212 B 側に付着することが防止される。

また、主電極 216 は、シリコン基板 212 の裏面 212 B 側に配設することもできる。図 51 は、シリコン基板 212 の裏面 212 B 側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。図 51 に示されるように、主電極 216 は、複数のノズル 215 を囲むように設けられた開口部 216 a を有している。上記の主電極 216 と対向電極 217 との距離は 50 ~ 500  $\mu$ m 程度の範囲内

で設定することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置 2 1 1 では、インキ吐出手段として、主電極 2 1 6 と対向電極間 2 1 7 との間に形成される電界と、インキ供給装置 2 2 0 からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル 2 1 5 の破損が防止される。

また、上述の微細パターン形成装置 2 1 1 では、ノズル 2 1 5 の機械的強度を向上させるために、補強層を設けてもよい。図 5 2 は、微細パターン形成装置 2 1 1 に補強層を設けた例を示す概略断面図である。図 5 2 に示されるように、補強層 2 1 5' は、ノズル 2 1 5 の先端面と外側面とを覆い、さらに、内側面の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板 2 1 2 の裏面 2 1 2 B に形成されている。この補強層 2 1 5' の厚みは上述のノズル 2 1 5 の厚みの 2 倍以上、好ましくは 5 倍以上とすることができ、通常、1 ~ 5  $\mu$ m の範囲で厚みを適宜設定することができる。この補強層 2 1 5' は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。

また、ノズル 2 1 5 の内側面に形成される補強層 2 1 5' の厚みを変えることにより、ノズル 2 1 5 の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつノズル 2 1 5 を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、ノズル 2 1 5 の内側面に形成する補強層 2 1 5' の厚みを制御して、所望の開口径をもつノズル 2 1 5 を形成することができる。

補強層 2 1 5' の形成は、例えば、プラズマ CVD 法、イオンプレーティング法、減圧 CVD 法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいため、立体構造を有するノズル 2 1 5 の内側面への形成に有利である。

尚、図示例では、補強層 2 1 5' は、シリコン基板 2 1 2 の裏面 2 1 2 B にも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層 2 1 5' を備えないものであってもよい。

### (第 3 の実施形態)

図 5 3 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であ

る。図53において、微細パターン形成装置221は、シリコン基板222と、このシリコン基板222の表面222Aに形成されたテーパ形状の凹部223'aと、シリコン基板222の裏面222B側に突出したノズル225と、シリコン基板222の表面222A側に配設された主電極226、シリコン基板222の裏面222B側に所定の間隔を設けた配設された対向電極227と、支持部材228と、シリコン基板222と支持部材228との空隙部にインキを供給するインキ流路229と、このインキ流路229に接続されたインキ供給装置230とを備えている。

シリコン基板222は、表面222A側の複数のテーパ形状の凹部223'aの底部から裏面222B側に貫通する微細孔223を備え、この微細孔223の表面222A側の開口部223aはテーパ形状の凹部223'aに露出し、テーパ形状の凹部223'aは上記のシリコン基板222と支持部材228とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板222は、表面222Aと裏面222Bの結晶方位が<100>であるシリコンの単結晶であり、厚みは200~500 $\mu$ m程度が好ましい。このようなシリコン基板222は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/K$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

テーパ形状の凹部223'aの壁面は、珪素酸化物層224が設けられており、通常、この珪素酸化物層224の厚みは5000~10000Å程度である。凹部223'aのテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5~150 $\mu$ m程度、最大開口径は10~200 $\mu$ m程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部223'aの壁面は、シリコン基板222の表面222A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板222の厚み、テーパ形状の凹部223'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部223'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置221により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔223とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15 $\mu$ m程度が好ましい。

微細孔 2 2 3 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 2 2 2 の表面 2 2 2 A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 2 2 2 の表面 2 2 2 A に垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 2 2 3' a の壁面から連続するように珪素酸化物層 2 2 4 が設けられている。通常、図示例では、微細孔 2 2 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 2 2 3 の開口径は 1 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  程度、微細孔 2 2 3 のアスペクト比は 1 ~ 1 0 0 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 2 2 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 2 2 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で 1 5  $\mu\text{m}$  程度が好ましい。

微細孔 2 2 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 2 2 3 が、横断面形状が異なる 2 種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は 5 ~ 5 0 0  $\mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 2 2 3 の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板 2 2 2 の裏面 2 2 2 B 側が狭い台形（例えば、上記のテーパ形状の凹部 2 2 3' a のテーパ角度よりも開きの小さいテーパ形状）であってもよい。

ノズル 2 2 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 2 2 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 2 2 4 と一体的に形成され、微細孔 2 2 3 に連通している。このノズル 2 2 5 の厚みは 5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å の範囲、開口径は 1 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  の範囲、シリコン基板 2 2 2 の裏面 2 2 2 B からの突出量は 1 ~ 1 5 0  $\mu\text{m}$  の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル 2 2 5 を設けることにより、微細孔 2 2 3 から吐出されたインキがシリコン基板 2 2 2 の裏面 2 2 2 B 側に付着することが防止される。

主電極 2 2 6 は、開口部を有し、複数（図示例では 5 個）のテーパ形状の凹部 2 2 3' a を囲むように配設されている。主電極 2 2 6 は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 2 2 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極 227 は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極 227 とシリコン基板 222 との距離は 50 ~ 500  $\mu\text{m}$  程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極 227 は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

また、主電極 226 は、シリコン基板 222 の裏面 222B 側に配設することもでき、この場合、主電極 226 と対向電極 227 との距離は 50 ~ 500  $\mu\text{m}$  程度の範囲内で設定することができる。

尚、支持部材 228、インキ流路 229、および、インキ供給装置 230 は、上述の微細パターン形成装置 201 の支持部材 208、インキ流路 209、および、インキ供給装置 210 と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置 221 は、テーパー形状の凹部 223' a を備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板 222 の裏面の複数のノズル 225 から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 222 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極 226 と対向電極間 227 との間に形成される電界と、インキ供給装置 230 からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル 225 の破損が防止される。

尚、微細パターン形成装置 221 においても、ノズル 225 に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置 201 のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

#### (第 4 の実施形態)

図 54 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図 54 において、微細パターン形成装置 231 は、シリコン基板 232 と、このシリコン基板 232 の表面 232A に形成された多段形状の凹部 233' a と、シリコン基板 232 の裏面 232B 側に突出したノズル 235 と、シリコン基板 232 の表面 232A 側に配設された主電極 236、シリコン基板 232 の



裏面 2 3 2 B 側に所定の間隔を設けた配設された対向電極 2 3 7 と、支持部材 2 3 8 と、シリコン基板 2 3 2 と支持部材 2 3 8 との空隙部にインキを供給するインキ流路 2 3 9 と、このインキ流路 2 3 9 に接続されたインキ供給装置 2 4 0 とを備えている。

シリコン基板 2 3 2 は、表面 2 3 2 A 側の複数の多段形状の凹部 2 3 3' a の底部から裏面 2 3 2 B 側に貫通する微細孔 2 3 3 を備え、この微細孔 2 3 3 の表面 2 3 2 A 側の開口部 2 3 3 a は凹部 2 3 3' a に露出し、この凹部 2 3 3' a は上記のシリコン基板 2 3 2 と支持部材 2 3 8 とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔 2 3 3 は微細開口部である開口部 2 3 3 a と、広幅開口部である凹部 2 3 3' a とからなる 2 段の凹部開口を有することになる。

シリコン基板 2 3 2 の材質は、上述のシリコン基板 2 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 0 2 と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板 2 3 2 は、凹部 2 3 3' a と微細孔 2 3 3 との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつ S O I (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

凹部 2 3 3' a の壁面は、珪素酸化物層 2 3 4 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 2 3 4 の厚みは 5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å 程度である。凹部 2 3 3' a の形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは 1 ~ 1 5 0 μm 程度、開口径は 5 ~ 2 0 0 μm 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板 2 3 2 の厚み、凹部 2 3 3' a の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 2 3 3' a の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 2 3 1 により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 2 3 3 とともに適宜設定することができる。形成ピッチは最小で 1 0 μm 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部 2 3 3 a と、広幅開口部である凹部 2 3 3' a とからなる 2 段の開口部であるが、3 段以上の開口部であってもよい。行ってもよい。

微細孔 2 3 3 は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板 2 3 2 の表面 2 3 2 A に平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板 2 3

2の表面232Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部233'aの壁面から連続するように珪素酸化物層234が設けられている。通常、図示例では、微細孔233の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔233の開口径は1~100 $\mu$ m程度、微細孔233のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔233の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置231により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 $\mu$ m程度が好ましい。

微細孔233の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔233が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5~500 $\mu$ mの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔233の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板232の裏面232B側が狭い台形(テーパ形状)であってもよい。

ノズル235は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔233の壁面に形成された珪素酸化物層234と一体的に形成され、微細孔233に連通している。このノズル235の厚みは5000~10000Åの範囲、開口径は1~100 $\mu$ mの範囲、シリコン基板232の裏面232Bからの突出量は1~150 $\mu$ mの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル235を設けることにより、微細孔233から吐出されたインキがシリコン基板232の裏面232B側に付着することが防止される。

主電極236は、開口部を有し、複数(図示例では5個)の多段形状の凹部233'aを囲むように配設されている。主電極236は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板232側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極237は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極237とシリコン基板232との距離は50~500 $\mu$ m程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極237は、SUS304、銅、ア

ルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

また、主電極 236 は、シリコン基板 232 の裏面 232B 側に配設することもでき、この場合、主電極 236 と対向電極 237 との距離は 50 ~ 500  $\mu\text{m}$  程度の範囲内で設定することができる。

尚、支持部材 238、インキ流路 239、および、インキ供給装置 240 は、上述の微細パターン形成装置 201 の支持部材 208、インキ流路 209、および、インキ供給装置 210 と同様であり、ここでの説明は省略する。

このような本発明の微細パターン形成装置 231 は、多段形状の凹部 233' a を備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板 232 の裏面の複数のノズル 235 から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 232 の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極 236 と対向電極間 237 との間に形成される電界と、インキ供給装置 240 からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル 235 の破損が防止される。

尚、微細パターン形成装置 231 においても、ノズル 235 に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置 201 のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

#### (第 5 の実施形態)

図 55 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図 56 は図 55 に示される微細パターン形成装置の底面図である。図 55 および図 56 において、微細パターン形成装置 241 は、連続した 3 つの装置部 241a, 241b, 241c からなり、共通のシリコン基板 242 と、このシリコン基板 242 の表面 242A 側に配設された 3 つの主電極 246a, 246b, 246c、3 つの支持部材 248 と、シリコン基板 242 の裏面 242B 側に所定の間隔を設けて配置された対向電極 247 と、シリコン基板 242 と各支持部材 248 との空隙部にインキを供給する 3 つのインキ流路 249 と、これらのイ

ンキ流路 249 に接続されたインキ供給装置 250a, 250b, 250c とを備えている。

シリコン基板 242 は、各装置部 241a, 241b, 241c ごとに、表面 242A 側から裏面 242B 側に貫通する複数の微細孔 243 を備え、この微細孔 243 の表面 242A 側の開口部 243a は、シリコン基板 242 と各支持部材 248 とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板 242 の材質は上述のシリコン基板 202 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 202 と同様の範囲で設定することができる。

微細孔 243 は、各装置部 241a, 241b, 241c ごとに所定方向（図 56 の矢印 A 方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。すなわち、装置部 241a では、矢印 A 方向に沿って配置された微細孔 243 の列がピッチ P1 で複数列形成され、同様に、装置部 241b、装置部 241c でも、微細孔 243 の列がピッチ P1 で複数列形成されている。そして、各装置部 241a, 241b, 241c における微細孔 243 の列は、相互にピッチ P2 ( $P1 = 3 \times P2$ ) で位置がずれているので、微細パターン形成装置 241 全体としては、ピッチ P2 で各装置部 241a, 241b, 241c の微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔 243 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 203 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 13 の壁面に形成されている珪素酸化物層 244 も、上述の珪素酸化物層 204 と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 244 を備えた微細孔 243 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成、説明を容易とするために簡略化してある。

主電極 246a, 246b, 246c は、各装置部 241a, 241b, 241c ごとに設けられており、各主電極は、上述の主電極 206 と同様に、複数（図示例では 5 個）の微細孔 243 を囲むように配設されている。このような主電極 246a, 246b, 246c は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 242 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

対向電極 247 は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。

但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 247 は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極 246 に所定の電圧が印加されたときに、微細孔 243 に電界を印加させる作用をなす。この対向電極 247 は、上述の微細パターン形成装置 201 の対向電極 207 と同様、必要に応じて種々の形状とすることができる。

支持部材 248 は、上述のシリコン基板 242 の表面 242A 側に配設され、シリコン基板 242 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 248 は、上述の支持部材 208 と同様に、シリコン基板 242 と同じ平面形状の基部 248a と、この基部 248a の周縁に設けられたフランジ部 248b、基部 248a の中央に設けられた開口部 248c からなり、フランジ部 248b にてシリコン基板 242 の表面 242A 側に固着されている。これにより、シリコン基板 242 と各支持部材 248 との間にインキが供給される空間(インキ供給空間)が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材 248 をシリコン基板 242 に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 248 の材質は、上述の支持部材 208 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 242 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

インキ流路 249 は、上記の各支持部材 248 の開口部 248c に接続され、他端はインキ供給装置 250a, 250b, 250c に接続されている。インキ供給装置 250a, 250b, 250c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 241 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 248 に設けられているインキ流路 249 は 1 つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 248 に複数の開口部 248c を設け、各開口部 248c にインキ流路 249 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 248 の内部に形成してもよい。

このような本発明の微細パターン形成装置 241 は、インキ吐出手段として、主電極 246a, 246b, 246c と対向電極間 247 との間に形成される電界と、インキ供給装置 250a, 250b, 250c からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板 242 の微細孔 243 からインキ

を微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置 250 a, 250 b, 250 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 241 a, 241 b, 241 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極 246 a, 246 b, 246 c と対向電極 247 間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔 243 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔 243 から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、さらに、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔 243 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置 241 は、各装置部 241 a, 241 b, 241 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、インキ供給装置 250 a, 250 b, 250 c を制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

尚、微細パターン形成装置 241 においても、図 50 に示されるようなノズルをシリコン基板 242 の裏面 242 B 側の微細孔 243 の開口部 243 b に突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層 215' のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置 241 においても、微細孔 243 の表面 242 A 側の開口部 243 a を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔 243 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

#### (第 6 の実施形態)

図 57 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 57 (A) は概略断面図、図 57 (B) は底面図である。図 57 において、微細パターン形成装置 251 は、シリコン基板 252 と、このシリコン基板 252 の表

面 2 5 2 A 側に配設された電氣的に独立した 3 種の主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c と、支持部材 2 5 8 と、シリコン基板 2 5 2 の裏面 2 5 2 B 側に所定の間隔を設けて配置された対向電極 2 5 7 と、シリコン基板 2 5 2 および支持部材 2 5 8 内に形成された 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c と、各インキ流路に接続されたインキ供給装置 2 6 0 a, 2 6 0 b, 2 6 0 c とを備えている。

シリコン基板 2 5 2 は表面 2 5 2 A 側から裏面 2 5 2 B 側に貫通する複数の微細孔 2 5 3 を備え、この微細孔 2 5 3 の表面 2 5 2 A 側の開口部 2 5 3 a は、表面 2 5 2 A 側に溝状に形成された 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c 内のいずれかに露出している。シリコン基板 2 5 2 の材質は上述のシリコン基板 2 0 2 と同様とすることができ、厚みもシリコン基板 2 0 2 と同様の範囲で設定することができる。

微細孔 2 5 3 は所定の方向（図 5 7（B）の矢印 a 方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチ P で複数形成されている。図示例では、矢印 a 方向に沿って複数の微細孔が配列された 6 本の微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 B, 2 5 3 C, 2 5 3 D, 2 5 3 E, 2 5 3 F がピッチ P で形成されている。このような微細孔 2 5 3 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 2 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 2 5 3 の壁面に形成されている珪素酸化物層 2 5 4 も、上述の珪素酸化物層 2 0 4 と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 2 5 4 を備えた微細孔 2 5 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c は、各微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 B, 2 5 3 C, 2 5 3 D, 2 5 3 E, 2 5 3 F を囲むように配設されている。すなわち、微細孔列 2 5 3 A と 2 5 3 D を囲む主電極 2 5 6 a と、2 5 3 B と 2 5 3 E を囲む主電極 2 5 6 b と、2 5 3 C と 2 5 3 F を囲む主電極 2 5 6 c とからなる、電氣的に独立の 3 つの主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c からなる。このような主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 5 2 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。尚、主電極は、電

氣的に独立ではない共通電極としてもよい。

対向電極 2 5 7 は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 2 5 7 は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c に所定の電圧が印加されたときに主電極 2 5 6 a, 2 5 6 b, 2 5 6 c との間に電界を生じる。この対向電極 2 5 7 は、上述の微細パターン形成装置 2 0 1 の対向電極 2 0 7 と同様に、必要に応じて種々の形状とすることができる。

支持部材 2 5 8 は、上述のシリコン基板 2 5 2 の表面 2 5 2 A 側に配設されてシリコン基板 2 5 2 を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材 2 5 8 のシリコン基板 2 5 2 側にはインキ流路 2 5 9 c が溝状に形成されている。

図 5 8 は、図 5 7 (A) に示されるシリコン基板 2 5 2 の A-A 線矢視における横断面図、図 5 9 は図 5 7 (A) に示される支持部材 2 5 8 の B-B 線矢視における横断面図である。

図 5 7 (A) および図 5 8 に示されるように、シリコン基板 2 5 2 には、微細孔列 2 5 3 A, 2 5 3 D の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 a とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 a、および、微細孔列 2 5 3 B, 2 5 3 E の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 b とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 b とが形成されている。また、微細孔列 2 5 3 C, 2 5 3 F の各開口部上にインキ流路 2 5 9 c が溝状に形成されている。さらに、図 5 7 (A) および図 5 9 に示されるように、支持部材 2 5 8 には、微細孔列 2 5 3 C, 2 5 3 F の各開口部とインキ供給装置 2 6 0 c とを接続するように形成された溝状のインキ流路 2 5 9 c が形成されている。

このような支持部材 2 5 8 とシリコン基板 2 5 2 との間に形成される 3 種のインキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c は、図 6 0 に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材 2 5 8 の材質は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 2 5 2 の線膨張係数の  $1/10$  倍～ $10$  倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

上述の各インキ流路 2 5 9 a, 2 5 9 b, 2 5 9 c の端部はインキ供給装置 2 6 0 a, 2 6 0 b, 2 6 0 c に接続されている。インキ供給装置 2 6 0 a, 2 6



0 b, 260 cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置251の使用目的に応じて適宜選択することができる。

このような本発明の微細パターン形成装置251は、インキ吐出手段として、主電極256 a, 256 b, 256 cと対向電極間257との間に形成される電界と、インキ供給装置260 a, 260 b, 260 cからのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板252の微細孔253からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。

尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置260 a, 260 b, 260 cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路259 a, 259 b, 259 cに対応してグループ分け（微細孔列253 Aと253 Dのグループ、微細孔列253 Bと253 Eのグループ、微細孔列253 Cと253 Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極256 a, 256 b, 256 cと対向電極257間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔253から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。

さらに、インキ供給装置260 a, 260 b, 260 cを制御してインキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置251は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。

尚、微細パターン形成装置251においても、図50に示されるようなノズルをシリコン基板252の裏面252 B側の微細孔253の開口部253 bに突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層215'のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置 2 5 1 においても、微細孔 2 5 3 の表面 2 5 2 A 側の開口部 2 5 3 a を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔 2 5 3 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

(第 7 の実施形態)

図 6 1 は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図 6 1 において、微細パターン形成装置 2 6 1 は、シリコン基板 2 6 2 と、このシリコン基板 2 6 2 の表面 2 6 2 A 側に配設された主電極と、支持部材と、シリコン基板 2 6 2 の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、シリコン基板 2 6 2 と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図 6 1 では、シリコン基板 2 6 2 のみを示し、主電極、対向電極、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

シリコン基板 2 6 2 は表面 2 6 2 A 側から裏面側に貫通する複数の微細孔 2 6 3 を備え、この微細孔 2 6 3 が 1 つのパターン 2 6 5 をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では 10 個）のパターン 2 6 5 がシリコン基板 2 6 2 に設けられている。尚、微細孔 2 6 3 は 1 つのパターン 2 6 5 においてのみ示し、他のパターン 2 6 5 はその輪郭のみを鎖線で示してある。

シリコン基板 2 6 2 の材質は上述のシリコン基板 2 0 2 と同様とすることができる。また、厚みもシリコン基板 2 0 2 と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔 2 6 3 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 2 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 2 6 3 は壁面に珪素酸化物層を備えるものでよく、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層 2 0 4 と同様とすることができる。

このようなシリコン基板 2 6 2 に表面 2 6 2 A 側には、主電極が各パターン 2 6 5 を囲むように配設されている。この場合、各パターン 2 6 5 を囲む主電極を電氣的に独立としてもよく、あるいは、共通電極としてもよい。主電極は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 6 2 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設する

ことができる。

対向電極は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極に所定の電圧が印加されたときに、微細孔 263 に電界を印加させる作用をなす。この対向電極は、上述の微細パターン形成装置 201 と同様とすることができる。

また、シリコン基板 262 は、上述の支持部材 208 のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図 61 に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

このような微細パターン形成装置 261 は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間との間に形成される電界と、インキ供給装置からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板 262 の微細孔 263 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。そして、シリコン基板 262 の微細孔 263 からインキを、隣接する微細孔 263 から吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量で吐出させて直接描画することにより、パターン 265 に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

上記の例では、複数のパターン 265 が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

尚、微細パターン形成装置 261 においても、図 50 に示されるようなノズルをシリコン基板 262 の裏面側の微細孔 263 の開口部に突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層 215' のような補強層を形成してもよい。

また、微細パターン形成装置 261 においても、微細孔 263 の表面 262A 側の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔 263 から微量かつ高精度で吐出させることができる。

上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイの

ブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

また、使用するインキは、電気伝導率、粘度等の物性を考慮して選択することができ、例えば、電気伝導率は  $1 \times 10^{-12} \text{ S/cm} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$  の範囲、粘度は  $0.3 \sim 50000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  (cps) の範囲にあるものが好ましい。

### III-2 微細パターン形成装置の製造例

次に、本発明の微細パターン形成装置の製造を、図50に示される微細パターン形成装置211を例として図62および図63を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板212を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み  $1 \sim 2 \mu\text{m}$  程度の珪素酸化膜212'を形成する(図62(A))。尚、珪素酸化膜212'の形成は、ウェット酸化法により行ってもよい。

次に、シリコン基板212の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図62(B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16(一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液)を用いて珪素酸化膜212'をパターンニングする(図62(C))。このパターンニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング(プロセスガス:  $\text{CHF}_3$ )により行うことも可能である。このようなパターンニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜212'は除去される。

次に、パターンニングされた珪素酸化膜212'をマスクとして、シリコン基板212に所望の深さで微細孔213を穿設する(図62(D))。この微細孔213の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライディープエッチング、および、ウェットエッチング、FIB加工、レーザ加工、放電加工等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔213の穿設は、シリコン基板212を貫通しない所定の深さまで行う。

次に、レジストパターンRと珪素酸化膜212'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み  $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$  程度の珪素酸

化物層 2 1 4 を形成する (図 6 2 (E))。

次に、シリコン基板 2 1 2 の表面 2 1 2 A 側に、微細孔 2 1 3 を囲むように主電極 2 1 6 を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターンニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。その後、支持部材 2 1 8 のフランジ部 2 1 8 b をシリコン基板 2 1 2 の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着する (図 6 3 (A))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

次いで、シリコン基板 2 1 2 の外面側のみを B H F 1 6 に浸漬して、この部位の珪素酸化物層 2 1 4 を除去してシリコン基板 2 1 2 の裏面を露出させ、その後、T M A H (水酸化テトラメチルアンモニウム) によりシリコン基板 2 1 2 の裏面側からエッチングを行う (図 6 3 (B))。このエッチングでは、微細孔 2 1 3 内壁に形成されている珪素酸化物層 2 1 4 が T M A H に対して耐性をもつので、珪素酸化物層 2 1 4 からなる微細管がシリコン基板 2 1 2 側に突出することになる。

次いで、この珪素酸化物層 2 1 4 からなる微細管の先端を B H F 1 6 により溶解除去して開口させ (図 6 3 (C))、その後、再び T M A H によりシリコン基板 2 1 2 の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層 2 1 4 からなるノズル 2 1 5 が形成されたところで T M A H によるエッチングを終了する (図 6 3 (D))。その後、支持部材 2 1 8 の開口部 2 1 8 c にインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板 2 1 2 の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極 2 1 7 を配置することにより、図 5 0 に示されるような本発明の微細パターン形成装置 2 1 1 を作製することができる。

尚、上記のシリコン基板 2 1 2 の裏面側のエッチングは、T M A H を用いる他に、R I E (Reactive Ion Etching) によるドライプロセスでも可能である。

また、上記の例では、珪素酸化物膜 2 1 2' を形成しているが、珪素酸化物膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程 (図 6

2 (C))では、アルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

図48に示されるような微細パターン形成装置201は、図62(D)に相当する工程で、シリコン基板212を貫通するように微細孔213を穿設する、あるいは、図63(C)に相当する工程で、突出している珪素酸化物層214からなる微細管をフッ酸で溶解除去することにより製造することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図53に示される微細パターン形成装置221を例として図64および図65を参照して説明する。

まず、表面結晶方位<100>のシリコン基板222の表面を洗浄し、このシリコン基板222の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )層222'を形成する。

次に、シリコン基板222の表面222A側の珪素窒化物層222'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層222'をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス: $\text{CF}_4$ または $\text{SF}_6$ ))によりエッチングして、テーパ用開口222'aをもつパターンを形成する(図64(A))。珪素窒化物層222'の形成は、減圧CVD法等により行うことができる。この珪素窒化物層222'のテーパ用開口222'aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部223'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10~200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

次に、珪素窒化物層222'をマスクとして、シリコン基板222に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口222'aに露出しているシリコン基板222が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ用開口の頂点が閉じるまで(逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで)行うことが好ましい。これにより、シリコン基板222の表面222A側にテーパ形状の凹部223'aが形成される(図64(B))。

次に、レジストパターンRを除去し、シリコン基板222の表面222A側および裏面222B側にマスク薄膜222''を形成する。次いで、テーパ状凹部

223' aが形成されていないシリコン基板222の裏面222 B側のマスク薄膜222''をパターンニングして微細開口222'' aを形成する(図64 (C))。この微細開口222'' aは、その開口中心がシリコン基板222を介して上記のテーパ形状凹部223' aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、微細開口222'' aの大きさは、後述する微細孔223および微細ノズル225の開口径を決定するものであり、通常、微細開口222'' aを1~100  $\mu\text{m}$ の範囲内で設定することが好ましい。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの(レジスト/ケイ素酸化物薄膜)が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピンコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧CVD法により形成することができる。

次に、マスク薄膜222''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板222に裏面222 B側から貫通微細孔223を穿設する(図64 (D))。この貫通微細孔223の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、ディープエッチング等の高アスペクトなエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔223がテーパ形状凹部223' a内まで貫通したところで、シリコン基板222の表面222 A側に形成したマスク薄膜222''(テーパ形状凹部223' a内のマスク薄膜222'')がストップング層として作用するので、微細孔223の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔223の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

次に、上記のマスク薄膜222''を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔223の壁面、および、テーパ形状凹部223' aの壁面に厚み5

000～10000 Å程度の珪素酸化物層224を形成する(図65(A))。

次に、珪素窒化物層222'を除去し、テーパ形状凹部223'aが形成されていないシリコン基板222の裏面222B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板222の一部がエッチングされ、貫通微細孔223内壁に形成されている珪素酸化物層224が露出する。この珪素酸化物層224が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板222のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル225が得られる(図65(B))。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE装置のBoschプロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

次に、シリコン基板222の表面222A側に、テーパ形状凹部223'aを囲むように主電極226を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜/金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィによりパターンニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

次いで、支持部材228のフランジ部228bをシリコン基板222の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着する(図65(C))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材228の開口部228cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板222の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極227を配置することにより、図53に示されるような本発明の微細パターン形成装置221を作製することができる。

本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図54に示される微細パターン形成装置231を例として図66および図67を参照して説明する。

まず、表面を洗浄したシリコン基板232の全面に厚み200～3000 Å程度の珪素窒化物( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )層232'を形成する。次に、両面の珪素窒化物層232'上にマスク薄膜232''を形成し、シリコン基板232の表面232A



側のマスク薄膜 232'' をパターニングして広幅開口 232'' a をもつマスクパターンを形成し、シリコン基板 232 の裏面 232 B 側のマスク薄膜 232'' をパターニングして微細開口 232'' b をもつマスクパターンを形成する (図 6 6 (A))。広幅開口 232'' a の開口中心は、シリコン基板 232 を介して微細開口 232'' b の開口中心とほぼ一致するように設定する。

上記の広幅開口 232'' a の大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部 233' a の開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を 5 ~ 200  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口 232'' b の大きさは、後述する微細孔 233 および微細ノズル 235 の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を 1 ~ 100  $\mu\text{m}$  の範囲内で設定することが好ましい。

珪素窒化物層 232' の形成は、上述の珪素窒化物層 222' と同様に行うことができる。

また、使用するマスク薄膜としては、金属薄膜のほかに、レジストやケイ素酸化物薄膜、あるいはこれら両者を組み合わせたもの (レジスト/ケイ素酸化物薄膜) が用いられ得る。金属薄膜としては、アルミニウム、ニッケル、クロム等を用いることができ、スパッタリング法、真空蒸着法等により 1000 ~ 2000 Å 程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント (混酸アルミ) を用いることができる。また、レジストをマスク薄膜として形成する場合においては、スピコート法により形成することができ、ケイ素酸化物の場合はスパッタ法や減圧 CVD 法により形成することができる。

次に、微細開口 232'' b をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板 232 の裏面 232 B 側から微細孔 233 を穿設する (図 6 6 (B))。この微細孔 233 の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) 装置を用いた Bosch プロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。微細孔 233 の穿設は、シリコン基板 232 を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔 233 の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板 232 として、SOI (Silicon On Insulator) ウエハを使用することができる。SOI ウ

エハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストップング層としての作用をなすので、微細孔 233 の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

次に、広幅開口 232' a をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板 232 の表面 232 A 側から広幅凹部 233' a を穿設する (図 66 (C))。この広幅凹部 233' a の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) 装置を用いた Bosch プロセス等の高アスペクトなエッチング技術により行うことができる。広幅凹部 233' a の穿設は、微細孔 233 の開口が広幅凹部 233' a 内に出現するまで行う。

次に、上記のマスク薄膜 232' を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔 233 の壁面、および、広幅凹部 233' a の壁面に厚み 5000~10000 Å 程度の珪素酸化物層 234 を形成する (図 67 (A))。

次に、珪素窒化物層 232' を除去し、広幅凹部 233' が形成されていないシリコン基板 232 の裏面 232 B 側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板 232 の一部がエッチングされ、貫通微細孔 233 内壁に形成されている珪素酸化物層 234 が露出する。この珪素酸化物層 234 が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板 232 のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル 235 が得られる (図 67 (B))。

上記の高アスペクトエッチングは、ICP-RIE 装置の Bosch プロセスを用いたが、これに限定されるものではない。

次に、シリコン基板 232 の表面 232 A 側に、凹部 233' a を囲むように主電極 236 を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜/金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィによりパターンニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を

介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

次いで、支持部材 238 のフランジ部 238b をシリコン基板 232 の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図 67（C））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材 238 の開口部 238c にインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板 232 の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極 237 を配置することにより、図 54 に示されるような本発明の微細パターン形成装置 231 を作製することができる。

### III-3 微細パターン形成方法

#### （第 1 の実施形態）

図 68 は、上述の本発明の微細パターン形成装置 241 を用いた本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を説明する図である。図 68 において、本発明の微細パターン形成装置 241 の主電極 246a, 246b, 246c に所定の電圧を印加した状態で、インキ供給装置 250a, 250b, 250c から、それぞれインキ A、インキ B、インキ C を各インキ流路 249 を介して供給しながら、パターン被形成体 S を微細パターン形成装置 241 に対して所定方向（矢印 A 方向）に走査させる。この走査方向 A は、上記の微細パターン形成装置 241 における微細孔の配列方向 A（図 56 参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置 241 のシリコン基板 242 とパターン被形成体 S との間隙は、50～500  $\mu\text{m}$  程度の範囲で設定することができる。

尚、図示例では、パターン被形成体 S は少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極 247 を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体とすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等を接地された対向電極 247 とする。対向電極 247 は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

これにより、シリコン基板 242 の微細孔 243 から吐出されたインキによって、パターン被形成体 S 上にインキ A、インキ B、インキ C の順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各スト

ライブのピッチはP 2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細孔から吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細孔からの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔2 4 3の径の大きさ、あるいは、主電極2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 cと対向電極2 4 7間に形成される電界強度を変えて微細孔2 4 3から吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置2 4 1と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

また、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極2 4 7上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

#### (第2の実施形態)

図6 9は、本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を説明するための図であり、本発明の微細パターン形成装置2 6 1を使用した例である。図6 9において、微細パターン形成装置2 6 1（図示例では、シリコン基板2 6 2のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、主電極に所定の電圧を印加した状態で、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔2 6 3を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。尚、図示例では、パターン被形成体Sは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体Sとすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等が接地された対向電極とされる。対向電極は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、

所望のパターン 265 が形成できる。尚、微細パターン形成装置 261 のシリコン基板 262 とパターン被形成体 S との間隙は、 $50 \sim 500 \mu\text{m}$  程度の範囲で設定することができる。

また、微細パターン形成装置 261 における複数の微細孔 263 から構成されるパターン 265 を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィー法によらず簡単にプリント配線板を製造することができる。この場合、主電極は、上述の図 49、図 51 に示した枠形状の電極とし、この対向電極の下方にプリント配線板を位置させてパターン形成を行うことができる。

尚、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

#### 実施例

次に、実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

##### [実施例 I - 1]

##### 微細ノズルの製造

表面を RCA 洗浄したシリコン基板（直径 3 インチ、厚み  $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位  $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数  $= 2.6 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧 CVD 法により珪素窒化物層を  $0.1 \mu\text{m}$  の厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を  $0.2 \mu\text{m}$  の厚みで形成した。

次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径  $20 \mu\text{m}$  の円形開口）が  $120 \mu\text{m}$  のピッチで同一直線上に 42 個形成された金属パターンを形成した。（以上、第 1 の工程）

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE

(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径 $20\mu\text{m}$ ）を穿設した。

（以上、第2の工程）

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\sim10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。（以上、第3の工程）

（熱酸化条件）

- ・加熱温度    :    $1050^{\circ}\text{C}$
- ・水素ガス供給量   :    $1\text{slm}$
- ・酸素ガス供給量   :    $1\text{slm}$
- ・加熱時間     :   約15時間

次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ $100\mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。（以上、第4の工程）

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $19\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

#### 微細ノズルの強度測定

微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンドテスターPC-2400を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約 $5\mu\text{m}$ に保って水平方向から速度 $6\text{mm}/\text{分}$ で3本の微細ノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定したところ、 $0.16\text{g}/1\text{本}$ であった。

#### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹

脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（E F D（株）製 1 5 0 0 X L）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイク C R - 7 0 0 1）を充填した。このインキの粘度は  $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を  $50 \text{ mm}$  / 秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が  $25 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが  $25 \pm 1 \mu\text{m}$  であり、極めて精度の高いものであった。

#### [実施例 I - 2]

#### 微細ノズルの製造

表面を R C A 洗浄したシリコン基板（直径 3 インチ、厚み  $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位  $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数  $= 2.6 \times 10^{-6} / \text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧 C V D 法により珪素窒化物層を  $0.1 \mu\text{m}$  の厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S 1 8 1 8）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとして R I E ( Reactive Ion Etching ) によるドライエッチングを行い、小開口（直径  $30 \mu\text{m}$  の円形開口）が  $120 \mu\text{m}$  のピッチで同一直線上に 4 2 個形成されたパターンを形成した。（以上、第 1 の工程）

次に、上記の珪素窒化物層のパターン上に、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を  $0.2 \mu\text{m}$  の厚みで形成した。このアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S 1 8 1 8）を塗布し、所定のフォトマス

クを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$  の円形開口）が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。（以上、第2の工程）

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$ ）を穿設した。（以上、第3の工程）

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み  $5000\sim 10000\text{ }\text{\AA}$  程度の珪素酸化物層を形成した。（以上、第4の工程）

（熱酸化条件）

- ・加熱温度    :     $1100^{\circ}\text{C}$
- ・酸素ガス供給量    :     $1\text{ L/分}$
- ・加熱時間    :    約5時間

次に、珪素窒化物層パターンの小開口が形成されていたシリコン基板の面から ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが  $100\text{ }\mu\text{m}$  に達したところでドライエッチングを停止した。（以上、第5の工程）

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径  $20\text{ }\mu\text{m}$ 、そのバラツキが  $\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、形成ピッチ  $120\text{ }\mu\text{m}$  であり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差（ $5\text{ }\mu\text{m}$ ）として得られた。



### 微細ノズルの強度測定

実施例 1 と同様にして、微細ノズルの強度を測定したところ、 $0.68 \text{ g}/1$  本であった。この結果と、上述の実施例 1 の結果から、微細ノズルがノズル基部を備えることにより、強度が大幅に向上（約 4.3 倍）することが確認された。

### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製 1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### [微細パターンの形成]

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイク CR-7001）を充填した。このインキの粘度は  $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を  $50 \text{ mm}/\text{秒}$  の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が  $25 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが  $25 \pm 1 \mu\text{m}$  であり、極めて精度の高いものであった。

#### [実施例 I-3]

### 微細ノズルの製造

表面を RCA 洗浄したシリコン基板（直径 3 インチ、厚み  $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位  $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数  $= 2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧 CVD 法により珪素窒化物層を  $0.1 \mu\text{m}$  の厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとして R

I E (Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口(1辺が $70\mu\text{m}$ の正方形の開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。(以上、第1の工程)

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ に保った33体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ $50\mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して $55^{\circ}$ をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。(以上、第2の工程)

次に、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シプレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口(直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心(テーパー形状の頂点)とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第3の工程)

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔(直径 $20\mu\text{m}$ )を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。(以上、第4の工程)

次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸:過酸化水素水=1:1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第5の工程)

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100℃
- ・酸素ガス供給量 : 1 L/分
- ・加熱時間 : 約5時間

次に、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ100  $\mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。（以上、第6の工程）

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径19  $\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1 \mu\text{m}$ 、形成ピッチ120  $\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

#### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパー形状凹部が形成された面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フイルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は20 mPa・sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100 mm $\times$ 100 mm）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50 mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $25 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は10

0 mPa・sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $30 \pm 2 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $120 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

#### [実施例 I - 4]

##### 微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE (Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、小開口（直径 $30 \mu\text{m}$ の円形開口）が $120 \mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。（以上、第1の工程）

次に、シリコン基板の両面に上記の珪素窒化物層のパターンを覆うように、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2 \mu\text{m}$ の厚みで形成した。次に、上記の小開口を形成した面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20 \mu\text{m}$ の円形開口）が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。さらに、上記の小開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径 $50 \mu\text{m}$ の円形開口）を形成した。この広幅開口は、その開口中心が上記の小

開口の中心とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第2の工程)

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ $150\mu\text{m}$ の微細孔(直径 $20\mu\text{m}$ )を穿設した。(以上、第3の工程)

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約 $50\mu\text{m}$ の深さまで穿設した。これにより、直径 $50\mu\text{m}$ の円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。(以上、第4の工程)

次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸：過酸化水素水=1：1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部部の壁面、微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第5の工程)

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 :  $1100^{\circ}\text{C}$
- ・酸素ガス供給量 :  $1\text{L}/\text{分}$
- ・加熱時間 : 約5時間

次に、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが $100\mu\text{m}$ に達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第6の工程)

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微

細開口との半径の差 ( $5\text{ }\mu\text{m}$ ) として得られた。

#### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は $50\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{ mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $25\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は $100\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $40\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $12.0\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

#### [実施例 II-1]

#### 微細ノズルの形成

まず、表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200\text{ }\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製MicroPosit

S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部（直径20 $\mu$ mの円形開口部）が200 $\mu$ mのピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径20 $\mu$ m）を穿設した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み5000～10000 $\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度    :   1100 $^{\circ}\text{C}$
- ・酸素ガス供給量   :   1L/分
- ・加熱時間    :   約5時間

次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ136 $\mu$ m露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径23 $\mu$ m、外側径24 $\mu$ m、先端部近傍の肉厚0.5 $\mu$ m、形成ピッチ200 $\mu$ mであった。

#### 補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

- ・プラズマCVD装置   :   アネルバ（株）製PED-401

- ・電力 : 150 kW
- ・周波数 : 90 kHz
- ・プロセス中圧力 :  $2.9 \times 10^{-1} \text{ Torr}$  (38.6 Pa)
- ・ガス流量 : 酸素流量 = 30 sccm  
ヘリウム流量 = 30 sccm  
ヘキサメチルジシロキサン流量 = 0.1 sccm (液)
- ・成膜時間 : 6 分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径  $20 \mu\text{m}$ 、外側径  $26 \mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $3.0 \mu\text{m}$  であった。

#### 微細ノズルの強度測定

ここで、補強層を形成する前後の微細ノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンドテスターPC-2400を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約  $5 \mu\text{m}$  に保って水平方向から速度  $6 \text{ mm/分}$  で3本の微細ノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前の微細ノズルの強度は  $0.16 \text{ g/1本}$  であり、補強層形成後の微細ノズルの強度は  $0.68 \text{ g/1本}$  であった。この結果と、上述の補強層の形成により、微細ノズルの強度が大幅に向上(4.3倍)することが確認された。

#### 撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で撥水性層を形成した。

##### (撥水性層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 : 50 W
- ・周波数 : 13.56 MHz
- ・ベース圧力 :  $4.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$  ( $5.3 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ )
- ・プロセス中圧力 :  $1.1 \times 10^{-1} \text{ Torr}$  (14.6 Pa)



- ・プロセスガス :  $\text{CHF}_3$
- ・ガス流量 : 100 sccm
- ・成膜時間 : 10 分間

上述のように形成した撥水性層について、下記の ESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) および FT-IR (Fourier Transform infrared Spectroscopy) を用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は 1 : 1.05 であることが確認された。また、撥水性層の厚みは 37 nm であった。さらに、水の接触角度を測定したところ約  $95^\circ$  であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度  $60^\circ$  に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

(ESCA)

- ・装置 : VG Scientific 社製  
ESCALAB 220i-XL
- ・X線源 : Monochromated Al  $K\alpha$
- ・X線出力 : 10 kV · 15 mA (150 W)
- ・レンズ : Large Area XL
- ・基板 : シリコンウェハ

(FT-IR)

- ・装置 : 日本分光社製 FT/IR-610
- ・測定モード : Macro-TRS 透過測定
- ・分解能 :  $4\text{ cm}^{-1}$
- ・積算数 : 128 回
- ・基板 : シリコンウェハ

微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パ

イプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $25 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

また、微細パターン形成装置のシリコン基板裏面へのインキの付着はほとんど見られなかった。

#### [実施例 II-2]

#### 微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE（Reactive Ion Etching）によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（1辺が $70 \mu\text{m}$ の正方形の開口）が $220 \mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ に保った33体積％水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口

に露出しているシリコン基板に、深さ  $50\text{ }\mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して  $55^\circ$  をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を  $0.2\text{ }\mu\text{m}$  の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$  の円形開口）が  $220\text{ }\mu\text{m}$  のピッチで同一直線上に 23 個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$ ）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水 = 1 : 1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み  $5000\sim10000\text{ }\text{\AA}$  程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度    :    $1100^\circ\text{C}$
- ・酸素ガス供給量   :    $1\text{ L/分}$
- ・加熱時間    :   約 5 時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側から ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化

物層が長さ  $100\mu\text{m}$  露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径  $23\mu\text{m}$ 、外側径  $24\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $0.5\mu\text{m}$ 、形成ピッチ  $220\mu\text{m}$  であった。

#### 補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

(補強層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 :  $150\text{ kW}$
- ・周波数 :  $90\text{ kHz}$
- ・プロセス中圧力 :  $2.9 \times 10^{-1}\text{ Torr}$  ( $38.6\text{ Pa}$ )
- ・ガス流量 : 酸素流量 =  $30\text{ sccm}$   
ヘリウム流量 =  $30\text{ sccm}$   
ヘキサメチルジシロキサン流量 =  $0.1\text{ sccm}$  (液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径  $20\mu\text{m}$ 、外側径  $26\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $3.0\mu\text{m}$  であった。

#### 撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により実施例1と同条件で撥水性層を形成した。

上述のように形成した撥水性層について、実施例1と同様にESCAおよびFT-IRを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は $1:1.05$ であることが確認された。また、撥水性層の厚みは $37\text{ nm}$ であった。さらに、水の接触角度を測定したところ約 $95^\circ$ であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度 $60^\circ$ に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパ形状凹部が形成された面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は $20\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ ）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{ mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $25\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は $100\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $30\pm 2\text{ }\mu\text{m}$ 、線ピッチが $220\pm 1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

### [実施例 II-3]

### 微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200\text{ }\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像すること

により、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径 $50\mu\text{m}$ の円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 18 18）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ $150\mu\text{m}$ の微細孔（直径 $20\mu\text{m}$ ）を穿設した。

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約 $50\mu\text{m}$ の深さまで穿設した。これにより、直径 $50\mu\text{m}$ の円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度    :    $1100^{\circ}\text{C}$
- ・酸素ガス供給量   :    $1\text{L}/\text{分}$
- ・加熱時間    :   約5時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン

基板の面側から I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ  $100\mu\text{m}$  露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径  $23\mu\text{m}$ 、外側径  $24\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $0.5\mu\text{m}$ 、形成ピッチ  $120\mu\text{m}$  であった。

#### 補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマ CVD 法により下記の条件で補強層を形成した。

(補強層形成条件)

- ・プラズマ CVD 装置 : アネルバ (株) 製 PED-401
- ・電力 :  $150\text{ kW}$
- ・周波数 :  $90\text{ kHz}$
- ・プロセス中圧力 :  $2.9 \times 10^{-1}\text{ Torr}$  ( $38.6\text{ Pa}$ )
- ・ガス流量 : 酸素流量 =  $30\text{ sccm}$   
ヘリウム流量 =  $30\text{ sccm}$   
ヘキサメチルジシロキサン流量 =  $0.1\text{ sccm}$  (液)
- ・成膜時間 : 6 分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径  $20\mu\text{m}$ 、外側径  $26\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $3.0\mu\text{m}$  であった。

#### 撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマ CVD 法により実施例 1 と同条件で撥水性層を形成した。

上述のように形成した撥水性層について、実施例 1 と同様に ESCA および FT-IR を用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は  $1 : 1.0$

5であることが確認された。また、撥水性層の厚みは37 nmであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

#### 微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（多段形状の凹部開口の形成面）の周辺部上に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は20 mPa・sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100 mm×100 mm）を準備した。

次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50 mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $25 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は100 mPa・sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $28 \pm 2 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $120 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

#### [実施例 III-1]

#### 微細パターン形成装置の作製

表面を洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200  $\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、全面に厚み約2  $\mu\text{m}$ の珪素酸化膜を形成した。



## (熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1050℃
- ・水素ガス供給量 : 1slm
- ・酸素ガス供給量 : 1slm
- ・加熱時間 : 約15時間

次に、研磨面側に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit 1400-31）をスピンコート法により塗布して乾燥し、その後、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。このレジストパターンには、円形開口（直径20 $\mu$ m）がX軸方向に200 $\mu$ mピッチで同一線上に23個形成されている。次いで、レジストパターンをマスクとして、BHF16（一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液）により珪素酸化膜をパターニングするとともに、レジストパターンが設けられていない部位の珪素酸化膜を溶解除去した。

次に、パターニングされたレジストパターンと珪素酸化膜をマスクとして、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)による高アスペクトエッチングを行い、直径20 $\mu$ m、深さ190 $\mu$ mの微細孔を穿設した。その後、硫酸と過酸化水素との混合溶液を用いてレジストパターンを除去し、さらに、フッ酸を用いて珪素酸化膜のマスクを除去した。

次いで、上記のように微細孔を穿設したシリコン基板に対して、加熱時間を約3時間とした他は上記と同様の条件にて熱酸化炉内で酸化処理を施することにより、全面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。この酸化処理により、微細孔の壁面にも珪素酸化物層が形成された。

次いで、シリコン基板の裏面側のみをBHF16に浸漬して珪素酸化物層を除去してシリコン基板の裏面を露出させた。その後、TMAH（水酸化テトラメチルアンモニウム）にシリコン基板の裏面側を浸漬してエッチングを行った。これにより、シリコン基板の裏面には、上記の酸化処理により微細孔の壁面に形成された珪素酸化物層からなる微細管が突出した状態となった。

次いで、この珪素酸化物層からなる微細管の先端をBHF16に浸漬して溶解除去することにより開口させ、その後、TMAHによりシリコン基板の裏面側を

エッチングして、長さ $100\mu\text{m}$ のノズルを形成した。

次に、上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

(補強層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 :  $150\text{ kW}$
- ・周波数 :  $90\text{ kHz}$
- ・プロセス中圧力 :  $2.9 \times 10^{-1}\text{ Torr}$  ( $38.6\text{ Pa}$ )
- ・ガス流量 : 酸素流量 $=30\text{ sccm}$   
ヘリウム流量 $=30\text{ sccm}$   
ヘキサメチルジシロキサン流量 $=0.1\text{ sccm}$  (液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、外側径 $30\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚 $5.0\mu\text{m}$ であった。

ここで、補強層を形成する前後のノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンドテスターPC-2400を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約 $5\mu\text{m}$ に保って水平方向から速度 $6\text{ mm/分}$ で3本のノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前のノズルの強度は $0.15\text{ g/1本}$ であり、補強層形成後のノズルの強度は $0.6\text{ g/1本}$ であった。この結果と、上述の補強層の形成により、ノズルの強度が大幅に向上(4倍)することが確認された。

次に、 $200\mu\text{m}$ ピッチで同一線上に23個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層(厚み $70\mu\text{m}$ )を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（E F D（株）製 1 5 0 0 X L）を接続した。

一方、上記のシリコン基板の裏面に対向し、かつ、上記の  $200\mu\text{m}$  ピッチで 2 3 個形成された微細孔の配列方向と軸方向とを一致させるように、パターン被形成体と対向電極とを兼ねるドラム（直径  $10\text{cm}$ ）を回転可能に配置し、かつ、接地した。このドラムの表面からノズル先端までの距離は  $150\mu\text{m}$  とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置 1）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する吐出観察用のものとした。

また、酸化インジウムスズ（I T O）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板の I T O 電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を  $250\mu\text{m}$  とし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置 2）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する直描実験用のものとした。

#### 微細パターンの形成

まず、溶剤であるブチルカルビトール（電気伝導率  $= 1.3 \times 10^{-7} \text{S} / \text{cm}$ ）に、樹脂（共栄社化学（株）製 K C 7 0 0 0）を混合（0 重量％、6 重量％、8 重量％、12 重量％、15 重量％、17 重量％の 6 種）し、超音波攪拌して得た溶媒に、赤染料（C.I. Disperse-red 60）を 1 重量％添加して、6 種のインキを調製した。これらのインキの樹脂含有量、粘度、電気伝導率は、下記の表 1 に示した。

表 1

インキ	樹脂含有量 (重量%)	インキ粘度 (mPa・s)	電気伝導率 (S/cm)
試料1	0	7	$1.3 \times 10^{-7}$
試料2	6	70	$4.2 \times 10^{-7}$
試料3	8	130	$4.5 \times 10^{-7}$
試料4	12	450	$5.4 \times 10^{-7}$
試料5	15	1800	$5.4 \times 10^{-7}$
試料6	17	2800	$5.3 \times 10^{-7}$

次に、上述のように調製した各インキをインキ供給装置に充填し、吐出状態の観察、および、直描実験を行った。

(吐出状態観察)

次に、微細パターン形成装置（装置1）の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 1000$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1kV）を印加し、対向電極を回転（周速度23.6mm/秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiで各インキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出状態をマイクロスコープで観察した。この結果、最も粘度が低いインキ（試料1）では、ノズル先端にメニスカスが形成された。しかし、樹脂混合により粘度を高くしたインキ（試料2～6）では、ノズル先端にメニスカスが形成されなかった。このことは、高粘度のインキが電界に対して敏感になっていることが原因と考えられる。

(直描実験)

微細パターン形成装置（装置2）の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 1000$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1kV）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度200mm/秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1～インキ試料4までのイン

キ（粘度が $500\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以下の低粘度インキ）では、線幅 $10\pm1\text{ }\mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であり、高粘度インキ（試料5～試料6）では、更に、線幅が $2\pm0.5\text{ }\mu\text{m}$ までの微細なストライプ形状パターンの形成は可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を $2\text{ kV}$ とした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、インキ試料1～インキ試料4までの低粘度インキでは、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $12\pm1\text{ }\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

これに対して、主電極に電圧を印加することなく、上記と同様にインキ供給装置から圧力 $1.5\text{ psi}$ でインキ試料1～インキ試料2までの低粘度インキをシリコン基板に供給したところ、ノズルからのインキ吐出が不可能であった。そこで、インキ供給装置からのインキ供給圧力を $12\text{ psi}$ まで引き上げたところ、ノズルからのインキ吐出幅が $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上となり、ラインが重なってストライプ形状のパターン形成ができなかった。

#### [実施例 III-2]

##### 微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200\text{ }\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE (Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（1辺が $70\text{ }\mu\text{m}$ の正方形の開口）が $120\text{ }\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、70～80℃に保った33体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ50 $\mu$ m、1辺がシリコン基板表面に対して55°をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2 $\mu$ mの厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S 1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径20 $\mu$ mの円形開口）が120 $\mu$ mのピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径20 $\mu$ m）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度　：　1100℃
- ・酸素ガス供給量　：　1L／分
- ・加熱時間　：　約5時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部

が形成されていないシリコン基板の面側から I C P - R I E (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ  $100\mu\text{m}$  露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが形成された。

上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例 III-1 と同様にして、プラズマ C V D 法により補強層を形成した。

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径  $20\mu\text{m}$ 、外側径  $30\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $5.0\mu\text{m}$ 、形成ピッチ  $120\mu\text{m}$  であった。

次に、 $200\mu\text{m}$  ピッチで同一線上に 23 個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層 (厚み  $70\mu\text{m}$ ) を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側 (微細孔穿設側) の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置 (E F D (株) 製 1500XL) を接続した。

一方、酸化インジウムスズ (I T O) を表面に備えたガラス基板 (対向電極を兼ねるパターン被形成体) を配置し、かつ、接地した。このガラス基板の I T O 電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を  $250\mu\text{m}$  とし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

実施例 III-1 と同様にして、6 種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

### (直描実験)

微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 1000$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1 kV）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度200 mm/秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5 psiでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1～インキ試料6までの各インキとも、線幅 $3 \pm 1 \mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を2 kVとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $5 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

### [実施例 III-3]

#### 微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200  $\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に減圧CVD法により珪素窒化物層を0.1  $\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2  $\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径50  $\mu\text{m}$ の円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製 Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジ



ストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$  の円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ  $150\text{ }\mu\text{m}$  の微細孔（直径  $20\text{ }\mu\text{m}$ ）を穿設した。

次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対して ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約  $50\text{ }\mu\text{m}$  の深さまで穿設した。これにより、直径  $50\text{ }\mu\text{m}$  の円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水 = 1 : 1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み  $5000\sim 10000\text{ }\text{\AA}$  程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度     :    $1100^{\circ}\text{C}$
- ・酸素ガス供給量     :    $1\text{ L/分}$
- ・加熱時間     :   約 5 時間

次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側から ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ  $100\text{ }\mu\text{m}$  露出したところでドライエッチングを停止した。

上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが作製された。

上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例 III-1 と同様にして、プラズマ CVD 法により補強層を形成した。

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径  $20\ \mu\text{m}$ 、外側径  $30\ \mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚  $5.0\ \mu\text{m}$ 、形成ピッチ  $120\ \mu\text{m}$  であった。

次に、 $200\ \mu\text{m}$  ピッチで同一線上に 23 個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み  $70\ \mu\text{m}$ ）を設けた。

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。

次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製 1500XL）を接続した。

一方、酸化インジウムスズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板の ITO 電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を  $250\ \mu\text{m}$  とし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

#### 微細パターンの形成

実施例 III-1 と同様にして、6 種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

#### （直描実験）

微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 1000$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流  $1\ \text{kV}$ ）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITO を備えたガラス基板）に対して走査（速度  $200\ \text{mm/秒}$ ）させた。次いで、インキ供給装置から圧力  $1.5\ \text{psi}$  でインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料 1 ～ インキ試料 6 までの各インキとも、

線幅  $3 \pm 1 \mu\text{m}$  の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

また、主電極へ印加する電圧を  $2 \text{ kV}$  とした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は  $5 \pm 1 \mu\text{m}$  であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

以上詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板の裏面へのインキ付着が防止され、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層は、高い電気絶縁性をシリコン基板に付与し、さらに、微細ノズルがノズル基部を備える場合、微細ノズルの機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する耐久性が格段に向上する。また、微細孔の微細ノズルと反対側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

本発明の微細ノズルの製造方法では、シリコン基板に貫通微細孔を形成し、この貫通微細孔の内壁面を含む露出面のみに選択的に珪素酸化物層を形成し、この珪素酸化物層とシリコン基板とのドライエッチングレートの差を利用して微細ノズルを形成するので、内径精度の高い微細ノズルの形成が容易であり、また、特に、ディープエッチング時のマスク側をノズル先端として利用することにより、複数の微細ノズルの開口径がより均一なものとなる。

また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、微細ノズルが補強層により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもち、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、また、インキ供給量を変えることによ

って吐出量を任意に設定することが可能である。このため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。さらに、撥水性層をシリコン基板裏面側と補強層上に設けることにより、インキ付着防止が格段に向上する。また、微細孔の表面側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間に形成される電界とインキ供給圧とを併用するので、インキ供給圧力を低く設定してシリコン基板の微細孔からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、インキ供給空間にインキがある場合には、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能であり、また、主電極と対向電極間に形成される電界強度を変えることによりインキ吐出幅の制御が可能であるので、微細孔の開口径を小さくすることなく、かつ、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、さらに、微細孔の開口部にノズルが設けられている場合には、シリコン基板裏面へのインキの付着が防止される。また、微細孔の表面側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細孔あるいはノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。

また、本発明の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に走査させるパターン形成方法では、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを高い精度で形成でき、この走査方向に沿って同列上に配列された複数の微細孔からインキを吐出することにより、1つの微細孔からのインキ吐出量が少なくても、パターン形成速度を高めることができる。さらに、本発明の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に位置合わせして設置し、一定量のインキを各微細孔から吐出するパターン形成方法では、所望のパターンを繰り返し簡便かつ

高精度で形成することができ、マトリックス形状のカラーフィルタやプリント配線板の導体パターン形成等に応用可能である。また、インキ吐出幅を制御することにより種々の形状のパターン形成をより高い精度で行うことが可能となる。

請求の範囲

1. シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるてなる、微細パターン形成装置。

2. 前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内であり、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $2 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内である、請求項1に記載の微細パターン形成装置。

3. シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有する、微細パターン形成装置。

4. 前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内であり、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $4 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内である、請求項3に記載の微細パターン形成装置。

5. 前記微細ノズルの突出長は、 $1 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲内にある、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

6. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部である、請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

7. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

8. 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

9. シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成する第1の工程、

前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、

シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有する、微細ノズルの製造方法。

10. 前記第4の工程において、前記マスクパターンを除去した面からエッチングを行う、請求項9に記載の微細ノズルの製造方法。

11. シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、該マスク薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形

成する第2の工程、

前記マスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第3の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

12. シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、

シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面のマスク薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつマスクパターンを形成する第3の工程、

前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、

前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を含んでなる、微細ノ



ズルの製造方法。

13. シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、

テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第3の工程、

シリコン基板の両面にマスク薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側のマスク薄膜をパターンニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成する第4の工程、

前記マスクパターンと前記マスク薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第5の工程、

前記マスクパターンおよび前記マスク薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第6の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

14. シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつマスクパターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第1の工程、

前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、

前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、

広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

15. シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うようにマスク薄膜を形成し、次に該マスク薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつマスクパターンを形成するとともに、他方の面のマスク薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつマスクパターンを形成する第2の工程、

前記微細開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第3の工程、

前記広幅開口をもつマスクパターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、

前記マスクパターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を含んでなる、微細ノズルの製造方法。

16. シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備える、微細パターン形成装置。

17. 前記補強層の厚みは、前記微細ノズルの厚みの2倍以上である、請求項16に記載の微細パターン形成装置。

18. 前記補強層は、珪素酸化物およびリン珪素ガラスのいずれかにより形成されたものである、請求項17に記載の微細パターン形成装置。

19. 前記微細ノズルは、開口径が1～100 $\mu\text{m}$ の範囲内、形成ピッチが4～1000 $\mu\text{m}$ の範囲内である、請求項16乃至請求項18のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

20. 前記微細ノズルは、突出長が10～400 $\mu\text{m}$ の範囲内にある、請求項16乃至請求項19のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

21. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部である、請求項16乃至請求項20のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

22. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項16乃至請求項20のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

23. 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項16乃至請求項22のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

24. 少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備える、請求項16乃至請求項23のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

25. 前記撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものである、請求項24に記載の微細パターン形成装置。

26. シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えてなる、微細パターン形成装置。

27. 前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されている、請求項26に記載の微細パターン形成装置。

28. 前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなる、請求項27に記載の微細パターン形成装置。

29. 前記対向電極は、ドラム形状および平板形状のいずれかである、請求項26乃至請求項28のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

30. 前記微細孔の開口径は、1～100 $\mu\text{m}$ の範囲内、前記微細孔の形成ピッチは2～1000 $\mu\text{m}$ の範囲内である、請求項26乃至請求項29のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

31. 前記ノズルの突出長は、10～400 $\mu\text{m}$ の範囲内にある、請求項27乃至請求項30のいずれか1項に記載の微細パターン形成装置。

32. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面

側に広がったテーパ形状凹部である、請求項 2 6 乃至請求項 3 1 のいずれか 1 項に記載の微細パターン形成装置。

3 3. 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部である、請求項 2 6 乃至請求項 3 1 のいずれか 1 項に記載の微細パターン形成装置。

3 4. 前記微細孔は 2 以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備える、請求項 2 6 乃至請求項 3 3 のいずれか 1 項に記載の微細パターン形成装置。

3 5. 各微細孔グループごとに別個の主電極を備える、請求項 3 4 に記載の微細パターン形成装置。

3 6. 請求項 2 6 乃至請求項 3 5 のいずれか 1 項に記載の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成する、微細パターンの形成方法。

3 7. パターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成する、請求項 3 6 に記載の微細パターンの形成方法。

3 8. 請求項 2 6 乃至請求項 3 5 のいずれか 1 項に記載の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

3 9. 主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御する、請求項 3 6 乃至請求項 3 8 のいずれか 1 項に記載の微細パターンの形成方法。

要 約 書

本発明は、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供するものであり、微細パターン形成装置を、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えたものとすることにより、高精度の微細パターン形成を可能とした。

1/59

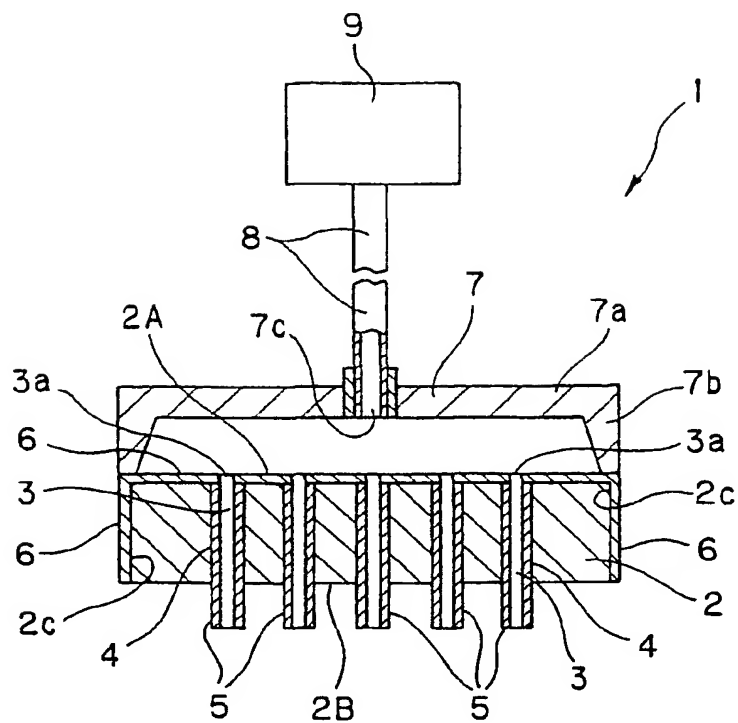
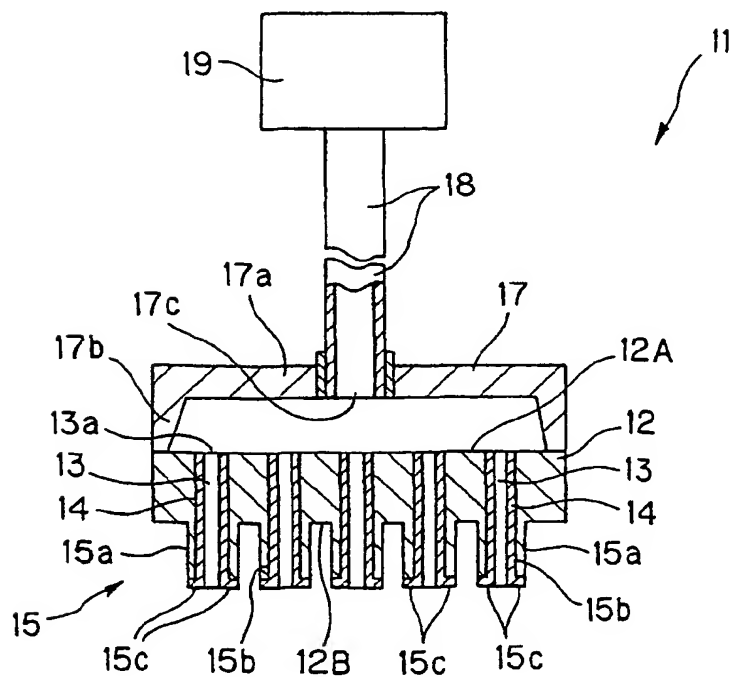


FIG. 1



**FIG. 2**





2/59

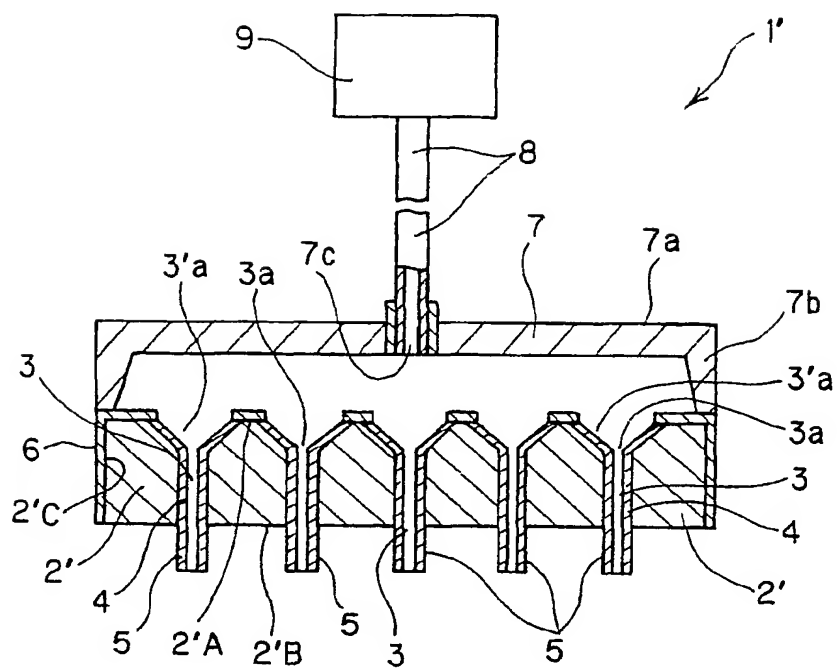


FIG. 3

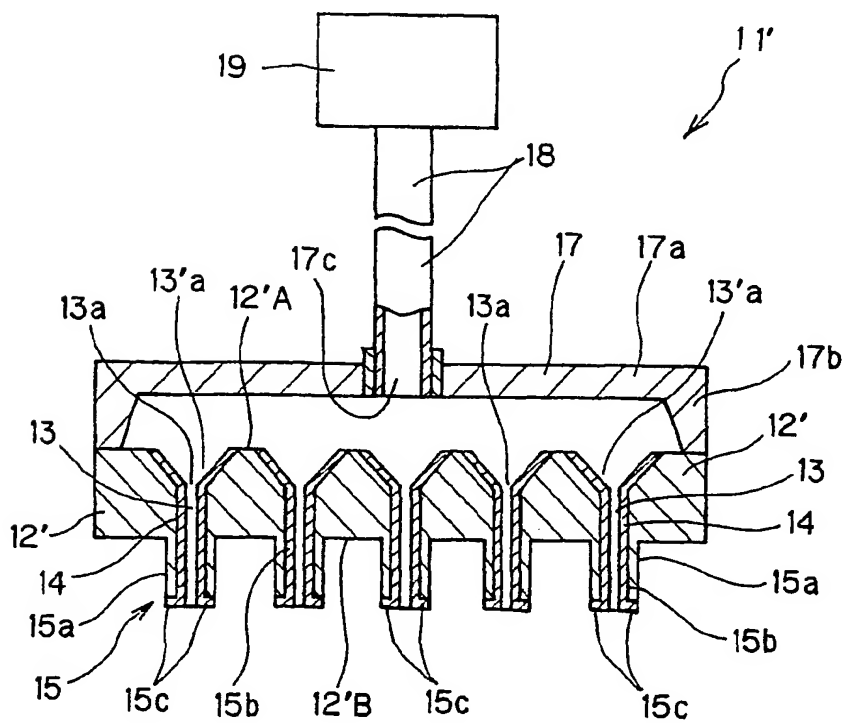


FIG. 4



3 / 59

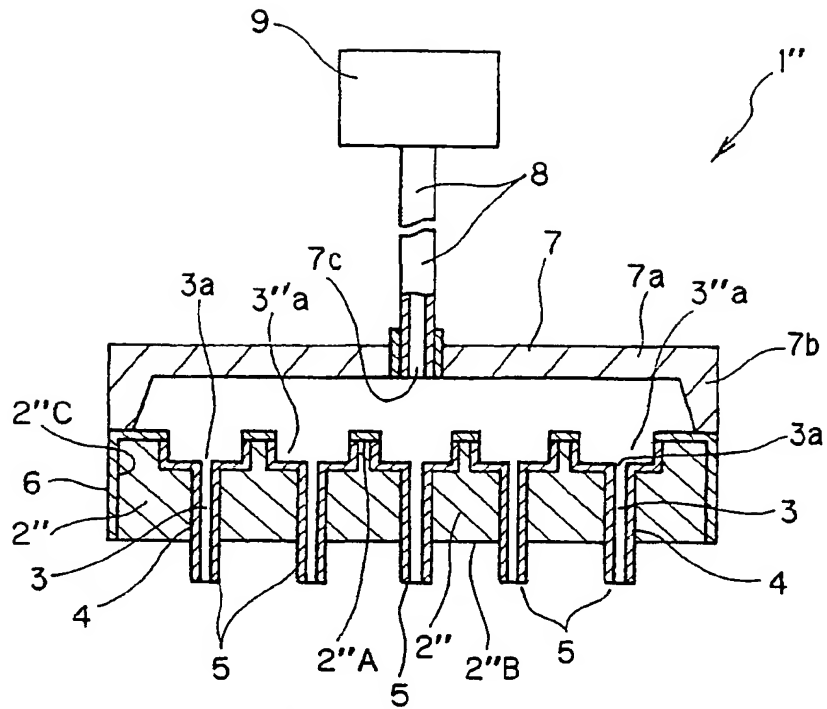


FIG. 5

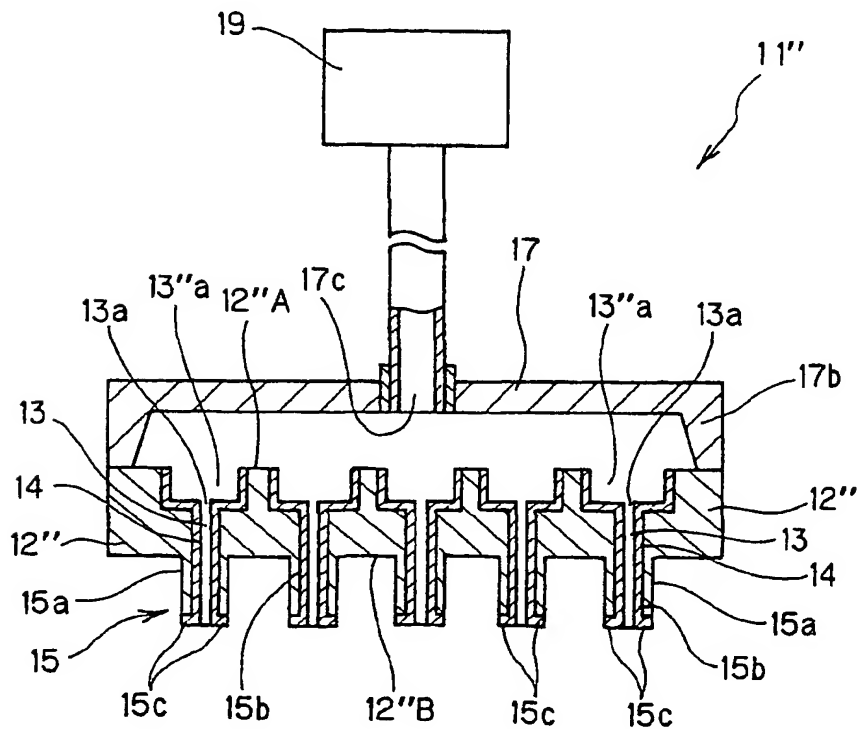


FIG. 6



4/59

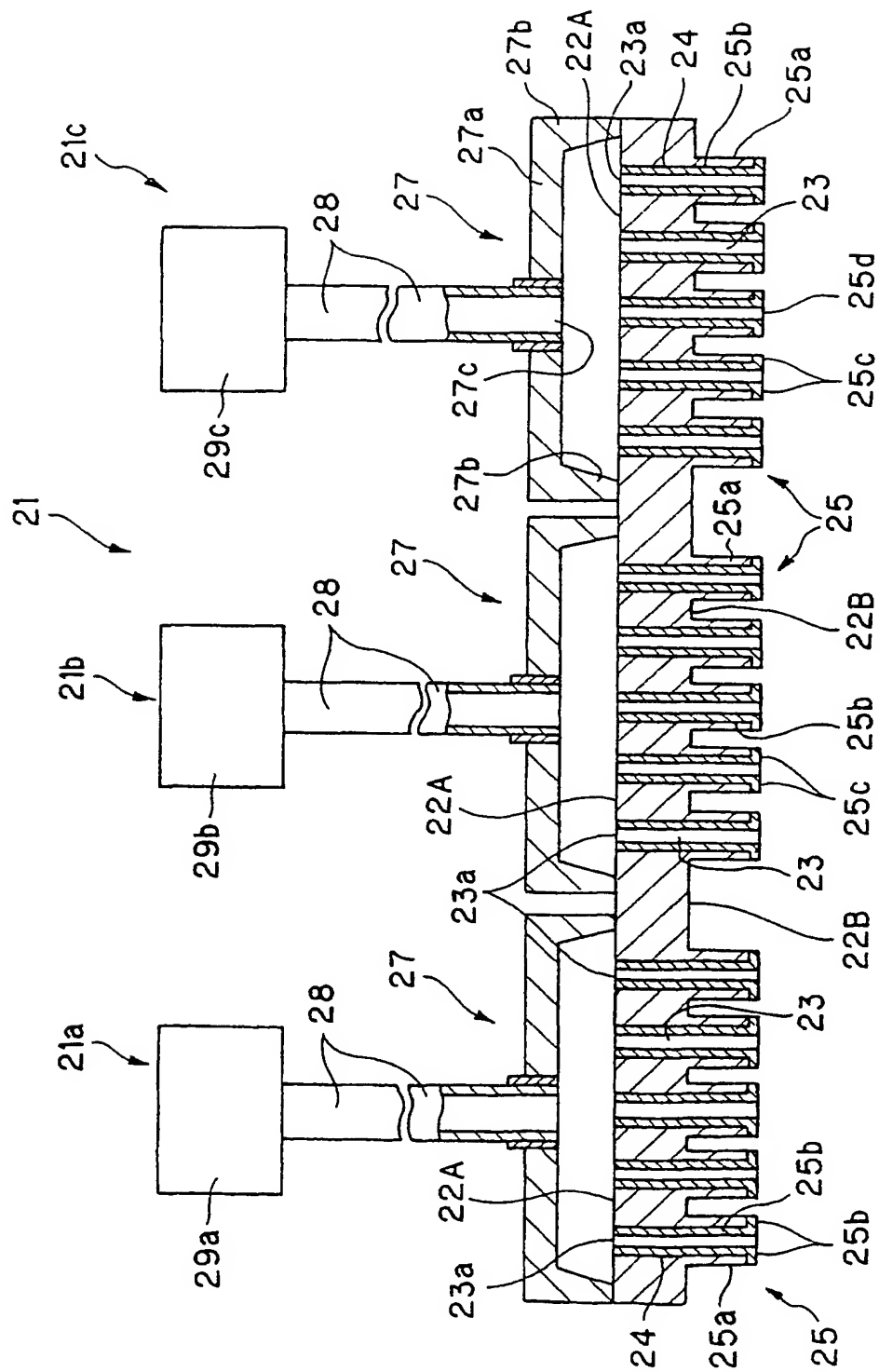
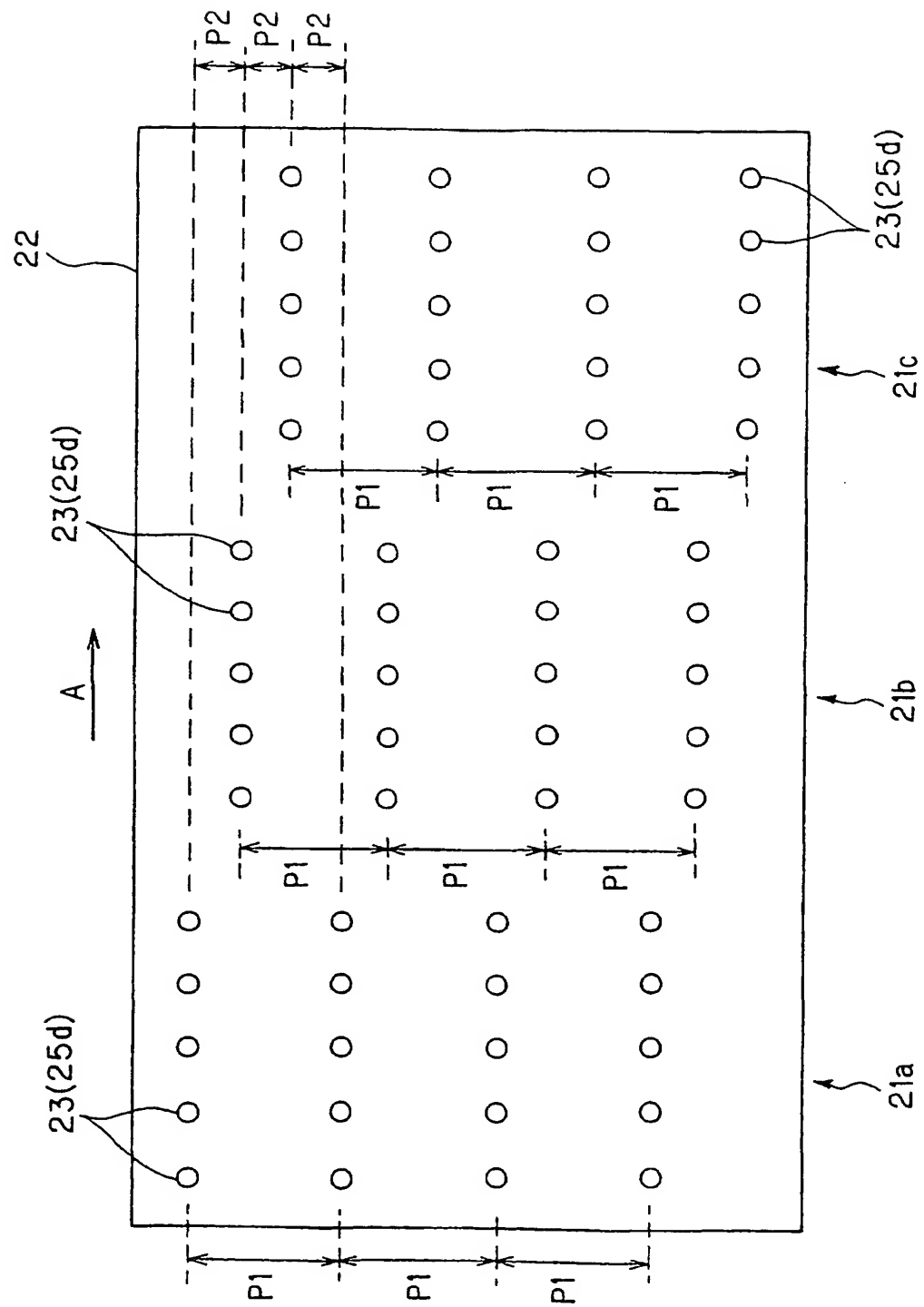


FIG. 7





८६५





6/59

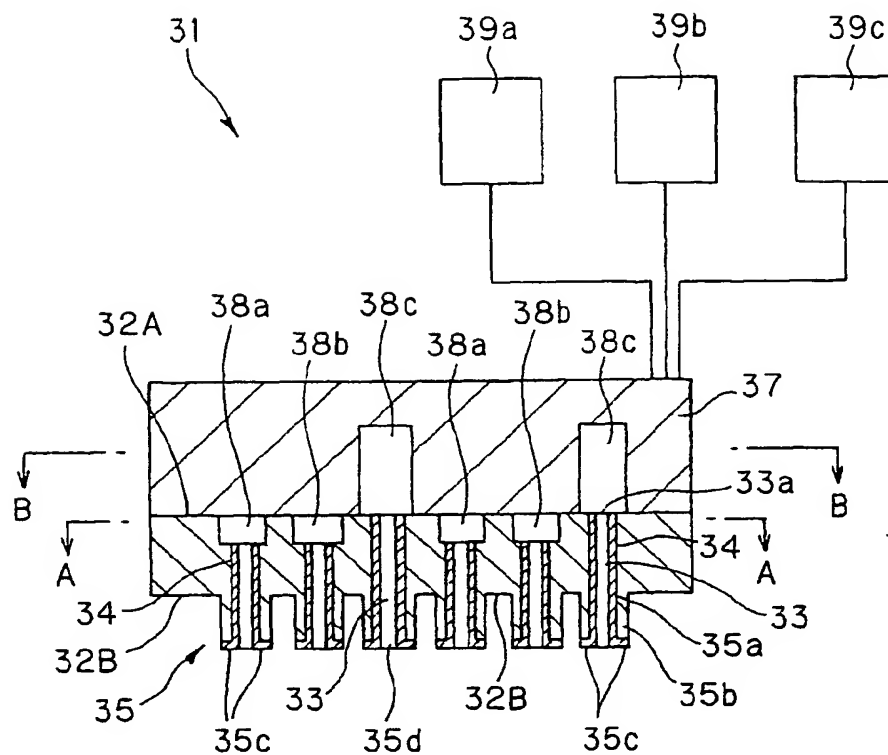


FIG. 9(A)

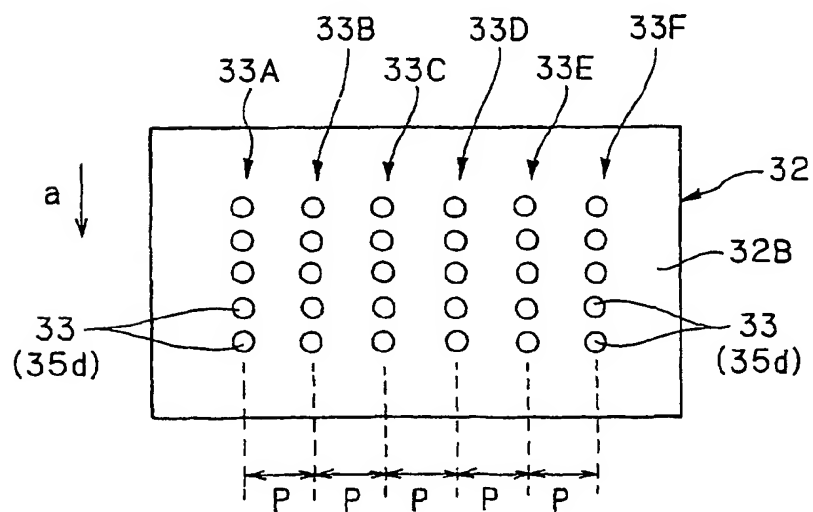


FIG. 9(B)



7/59

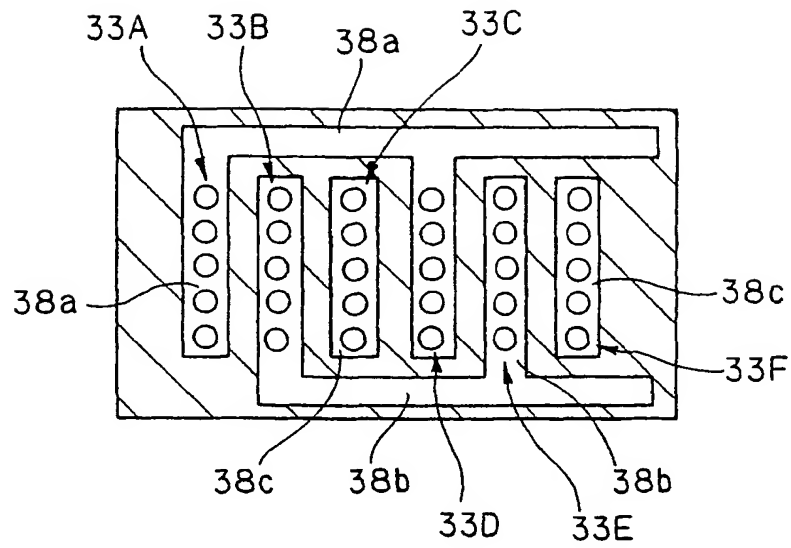


FIG. 10

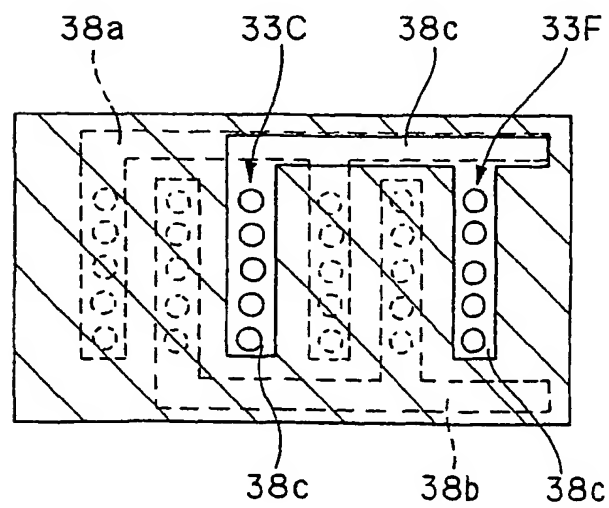


FIG. 11



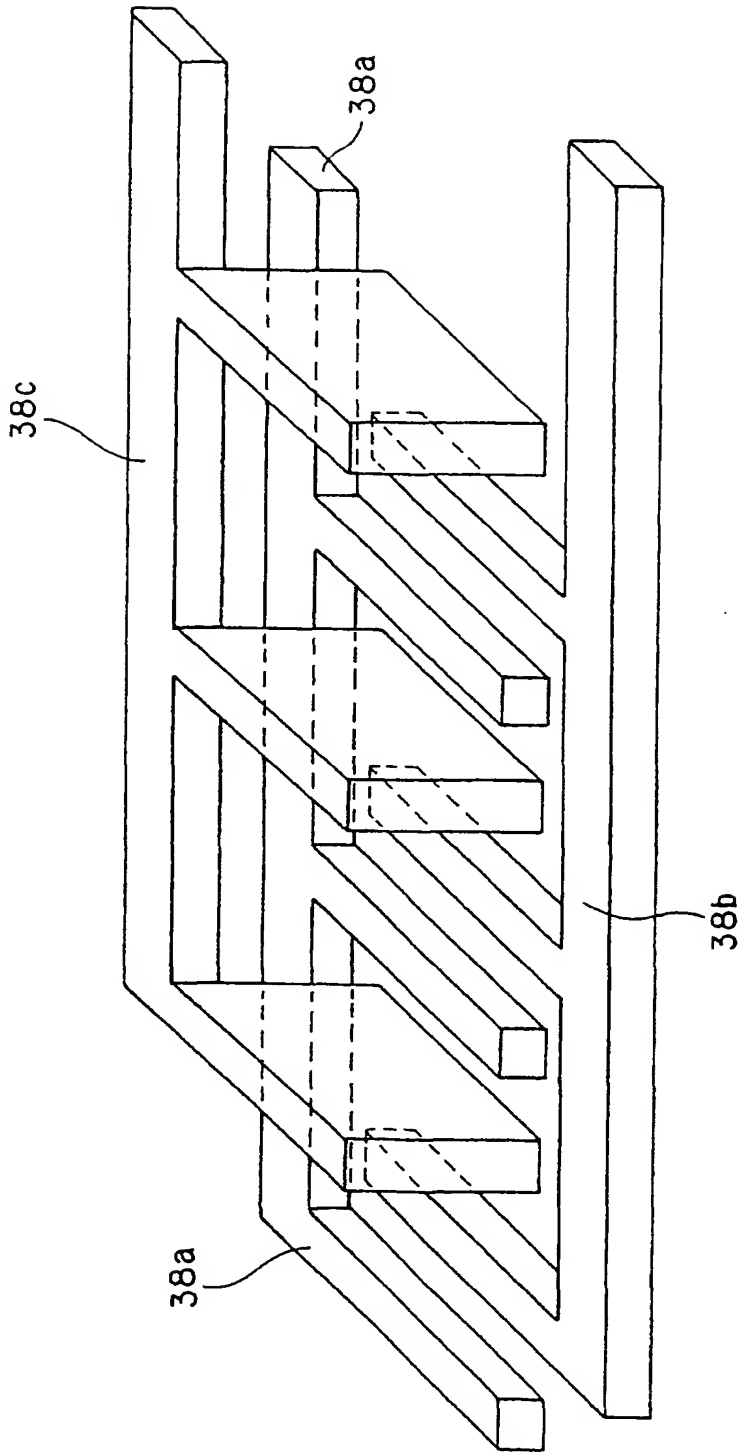


FIG. 12



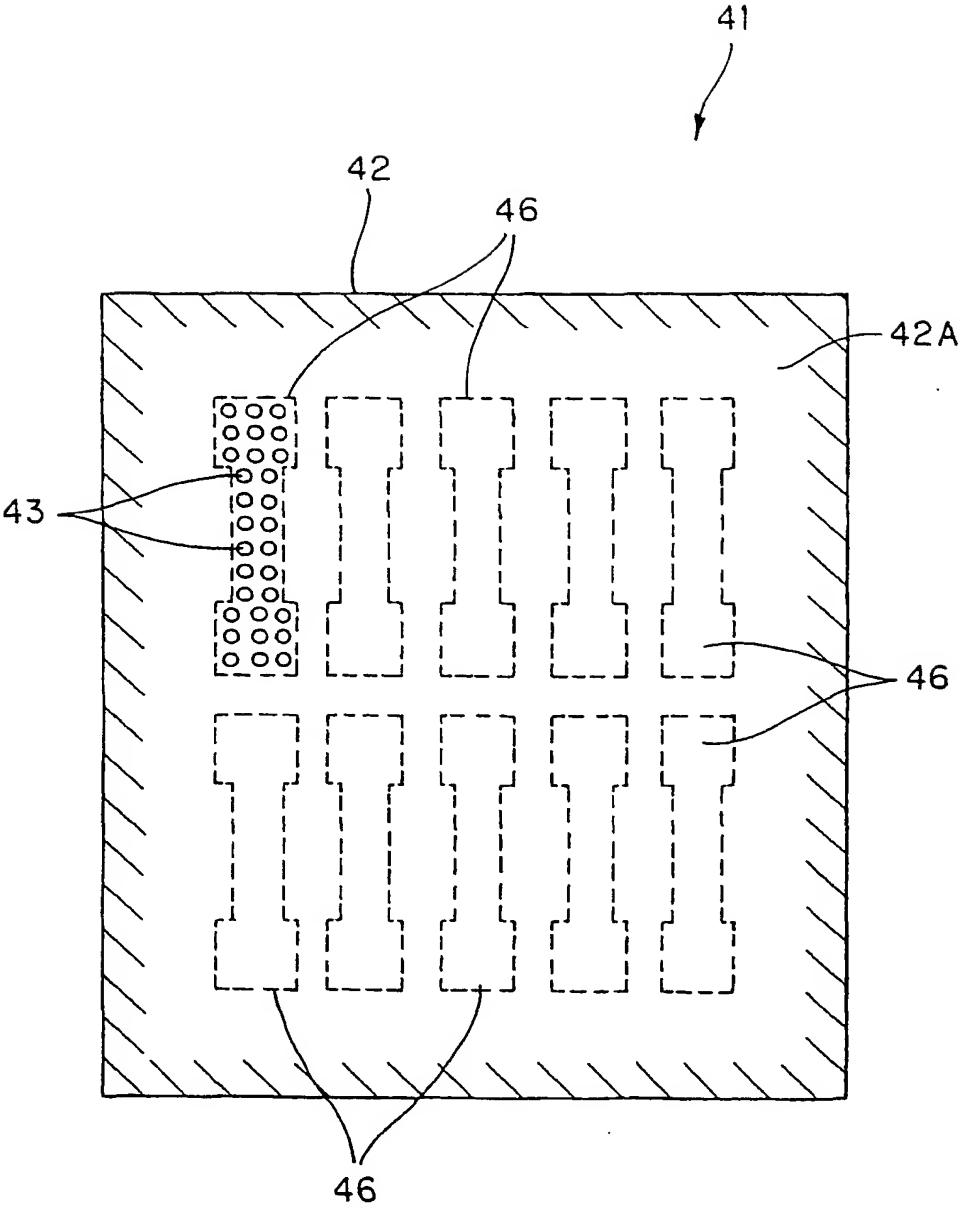


FIG. 13





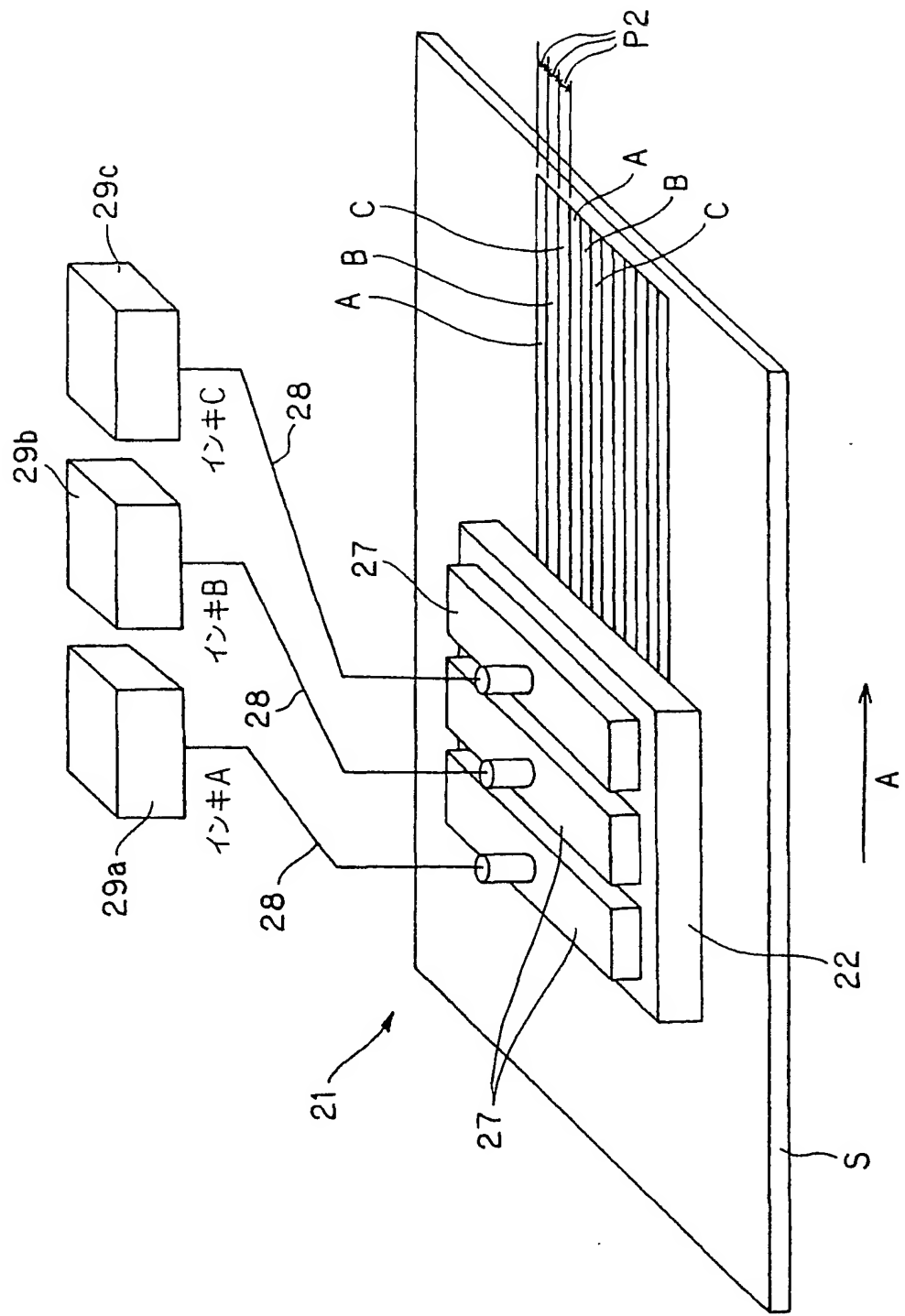


FIG. 14



11/59

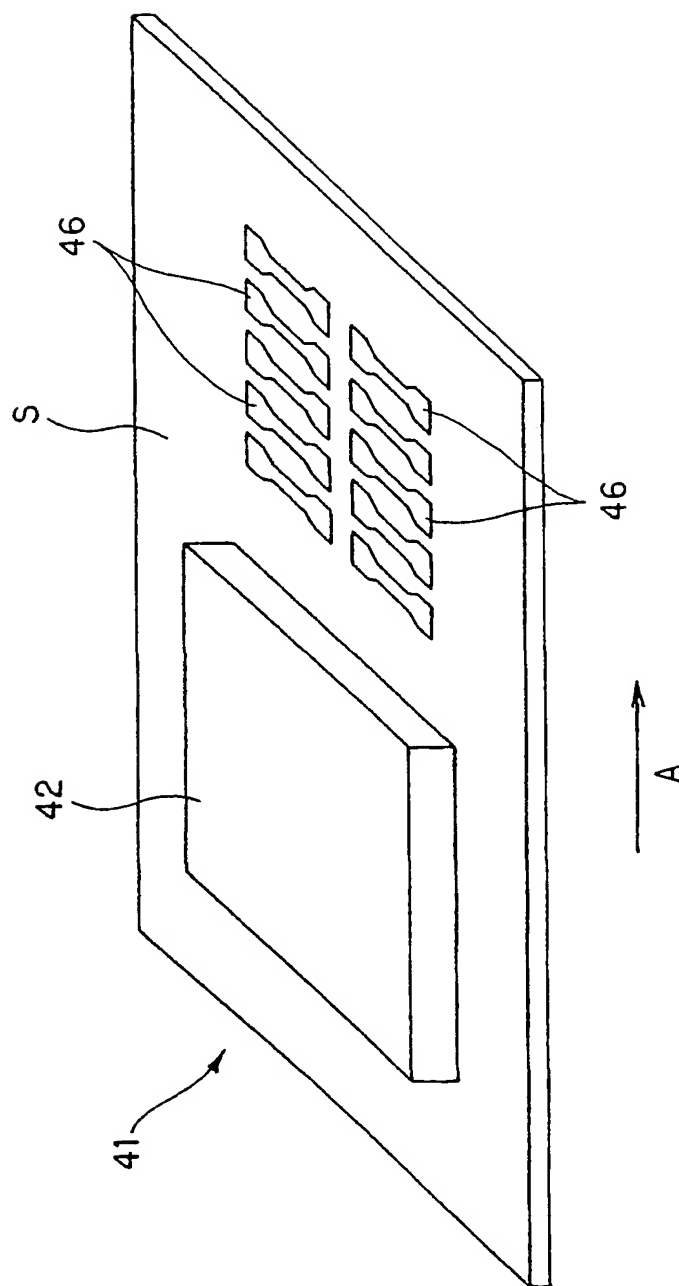


FIG. 15



12/59

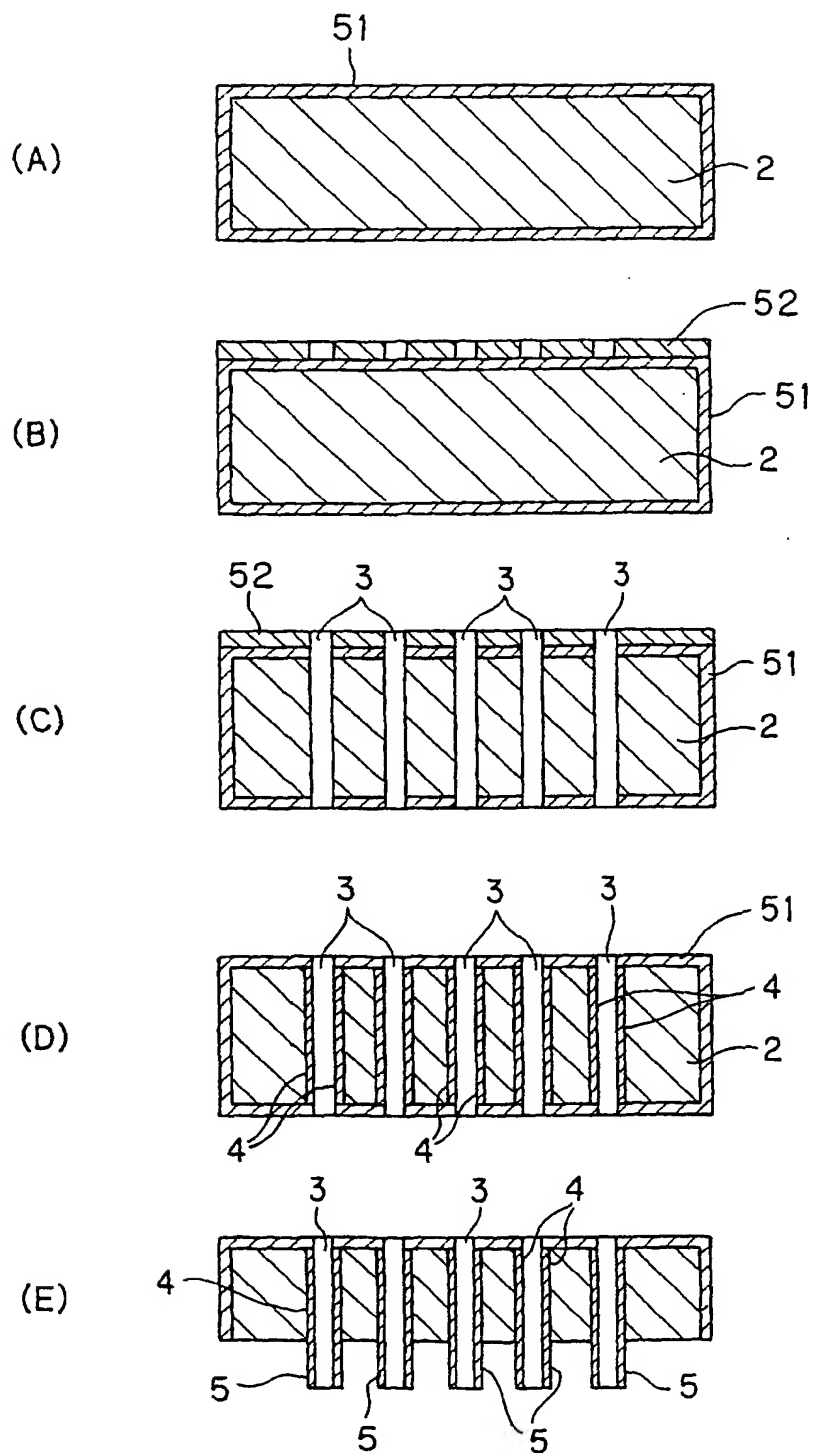


FIG. 16



13/59

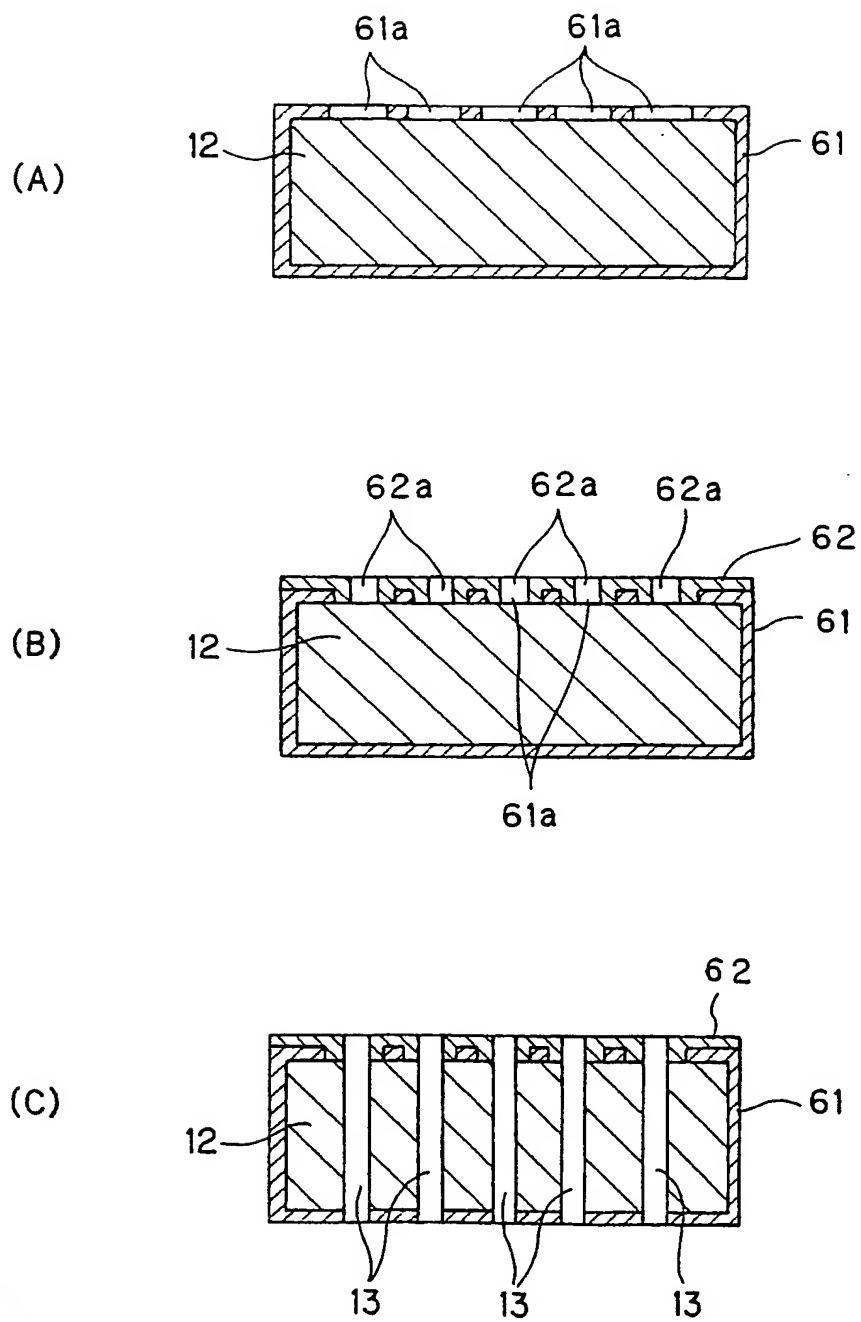


FIG. 17





14/59

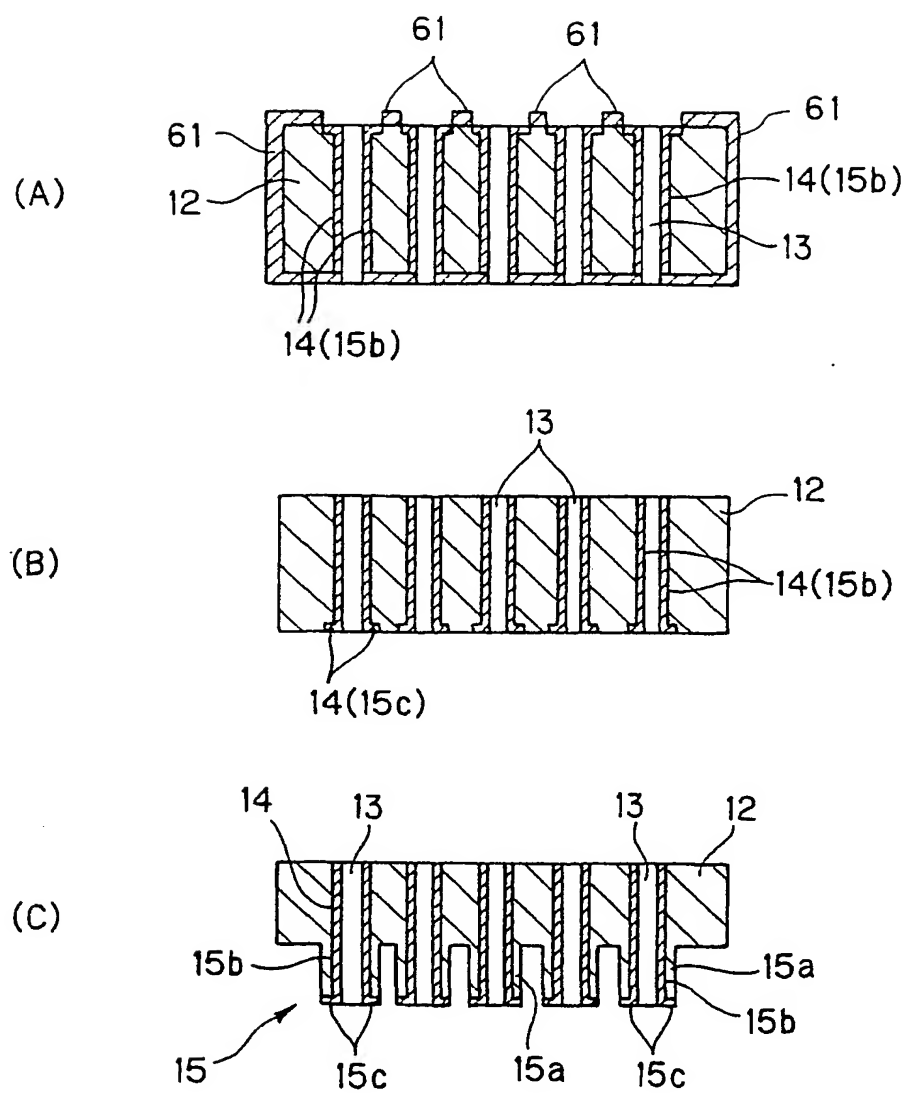


FIG. 18



15/59

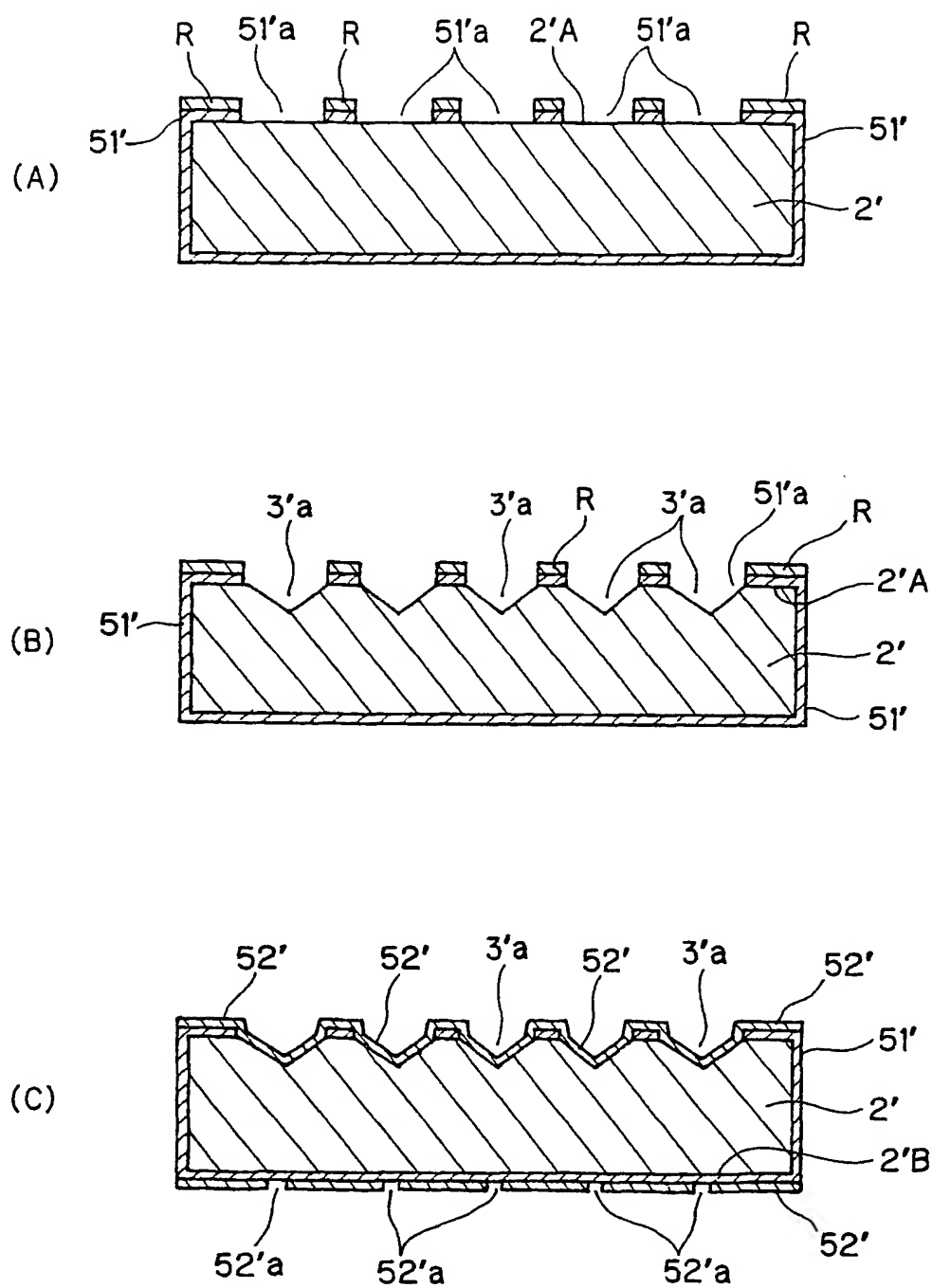


FIG. 19



16/59

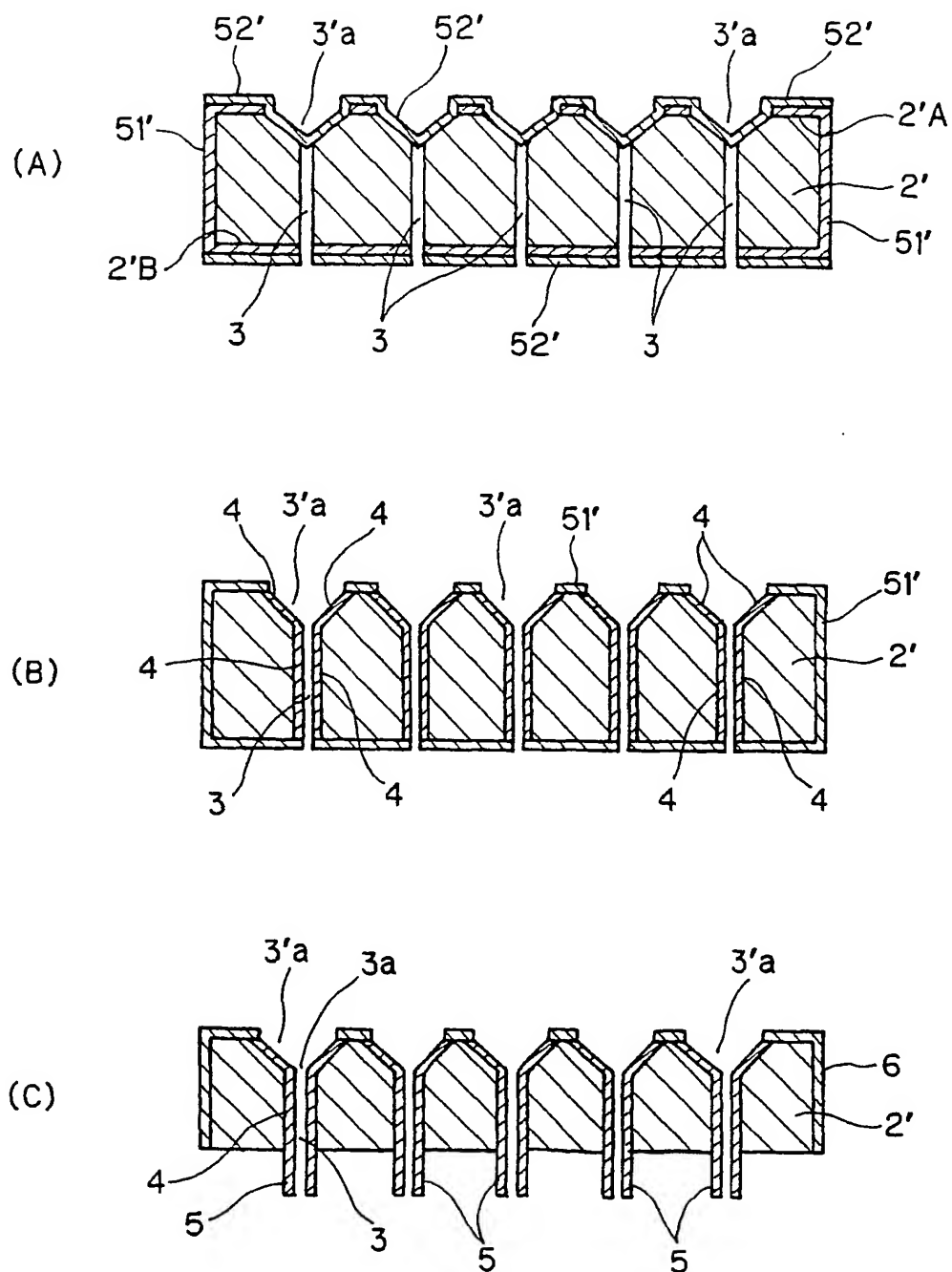


FIG. 20



17/59

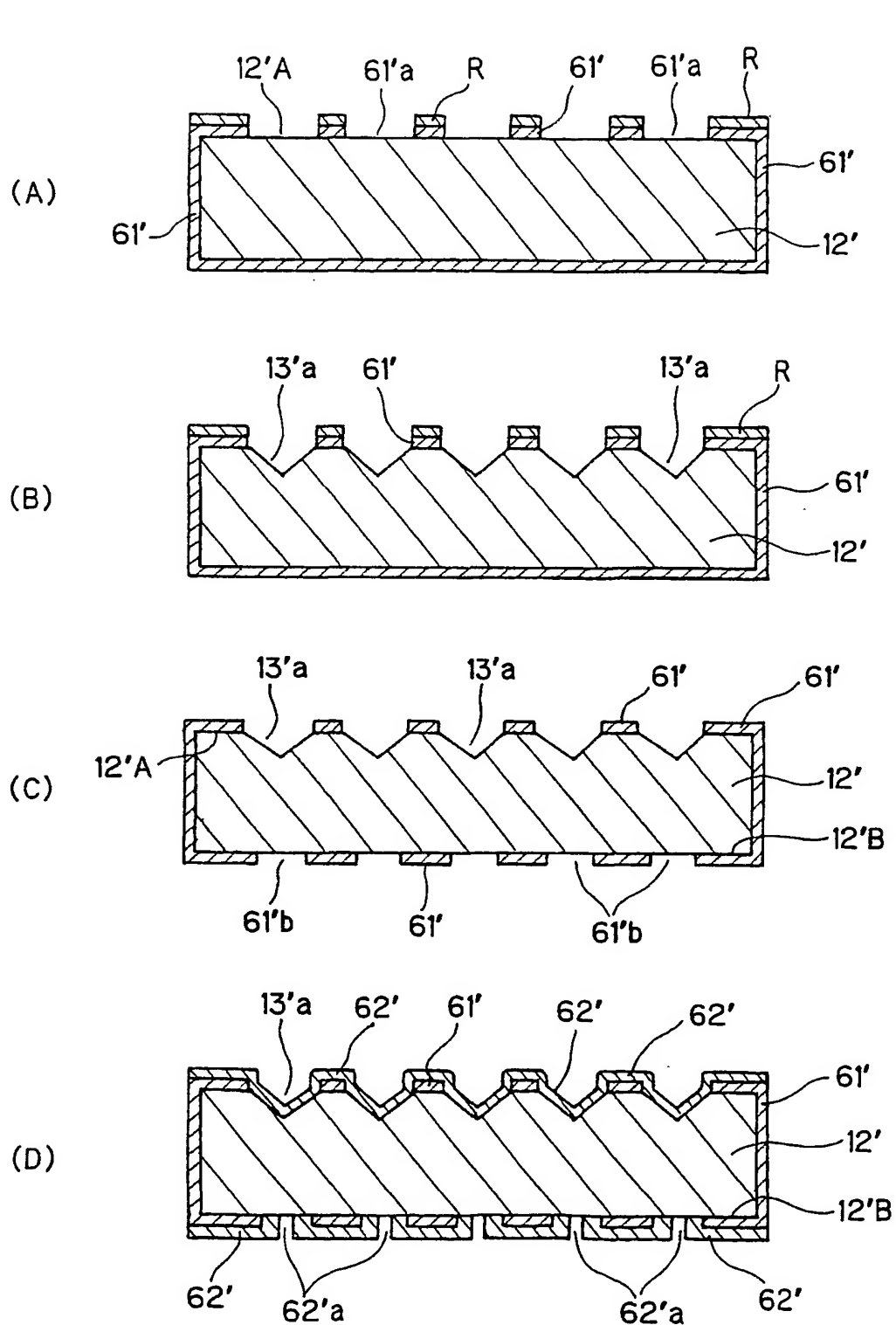


FIG. 21





18/59

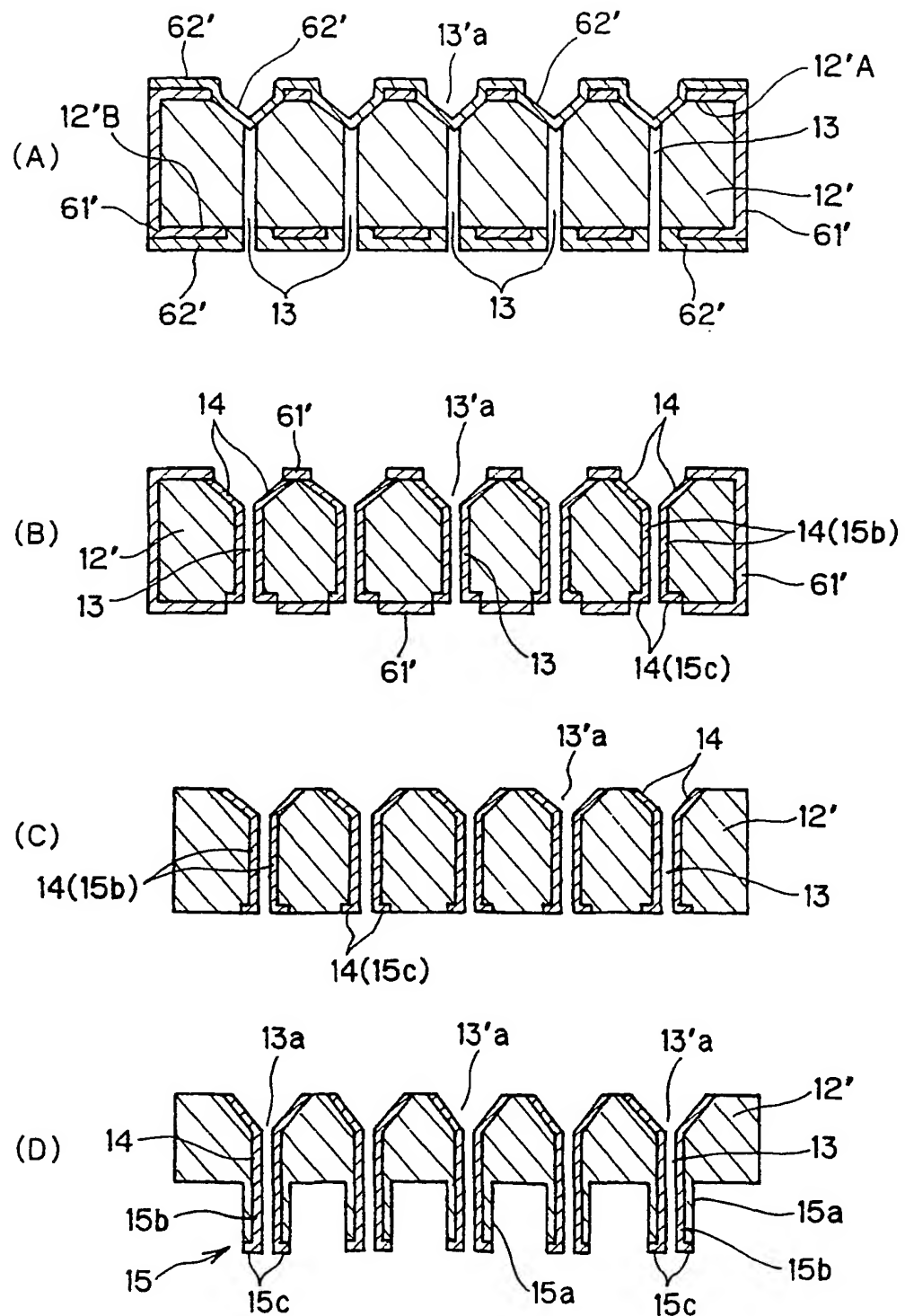


FIG. 22



19/59

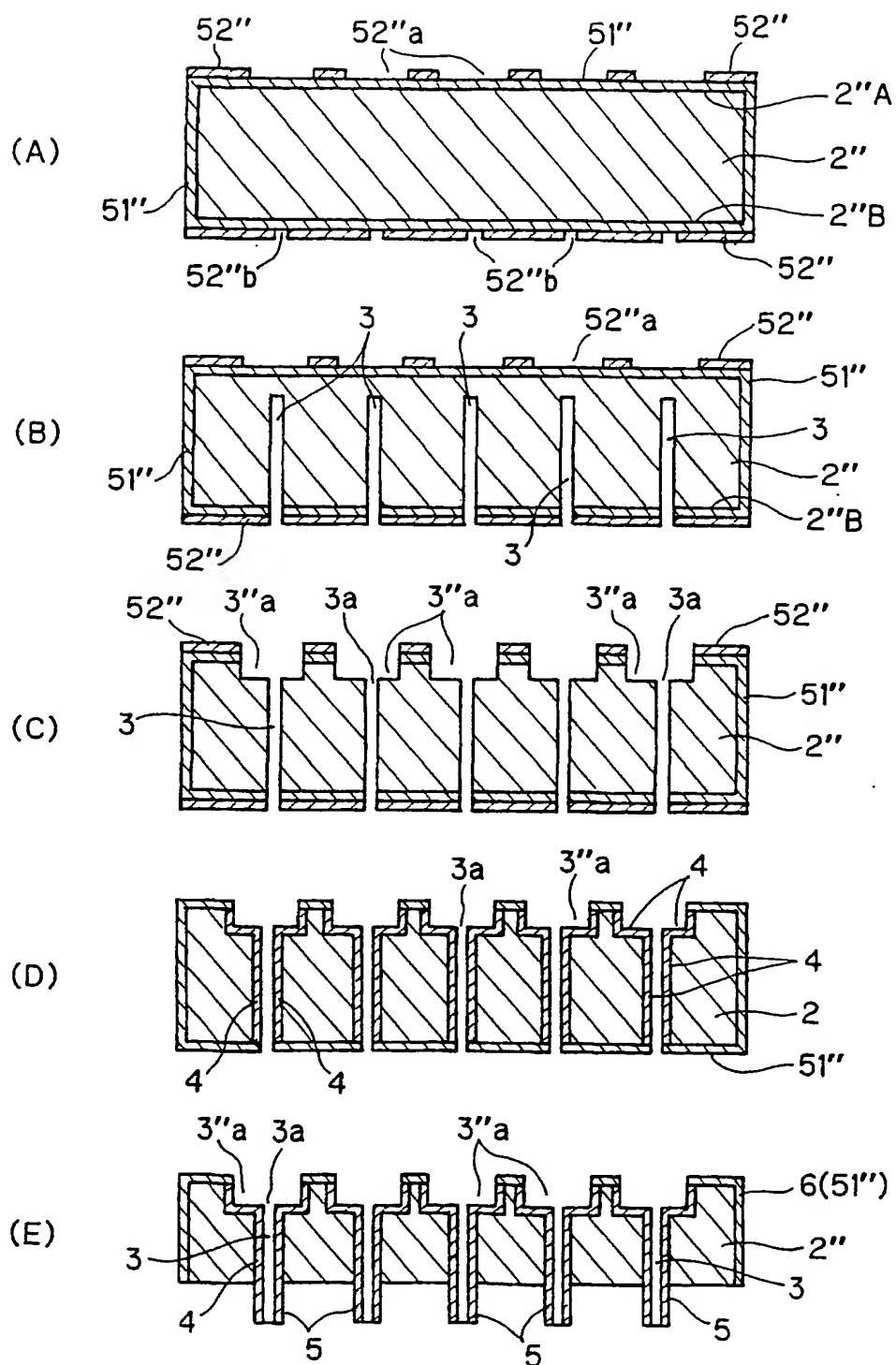


FIG. 23



20/59

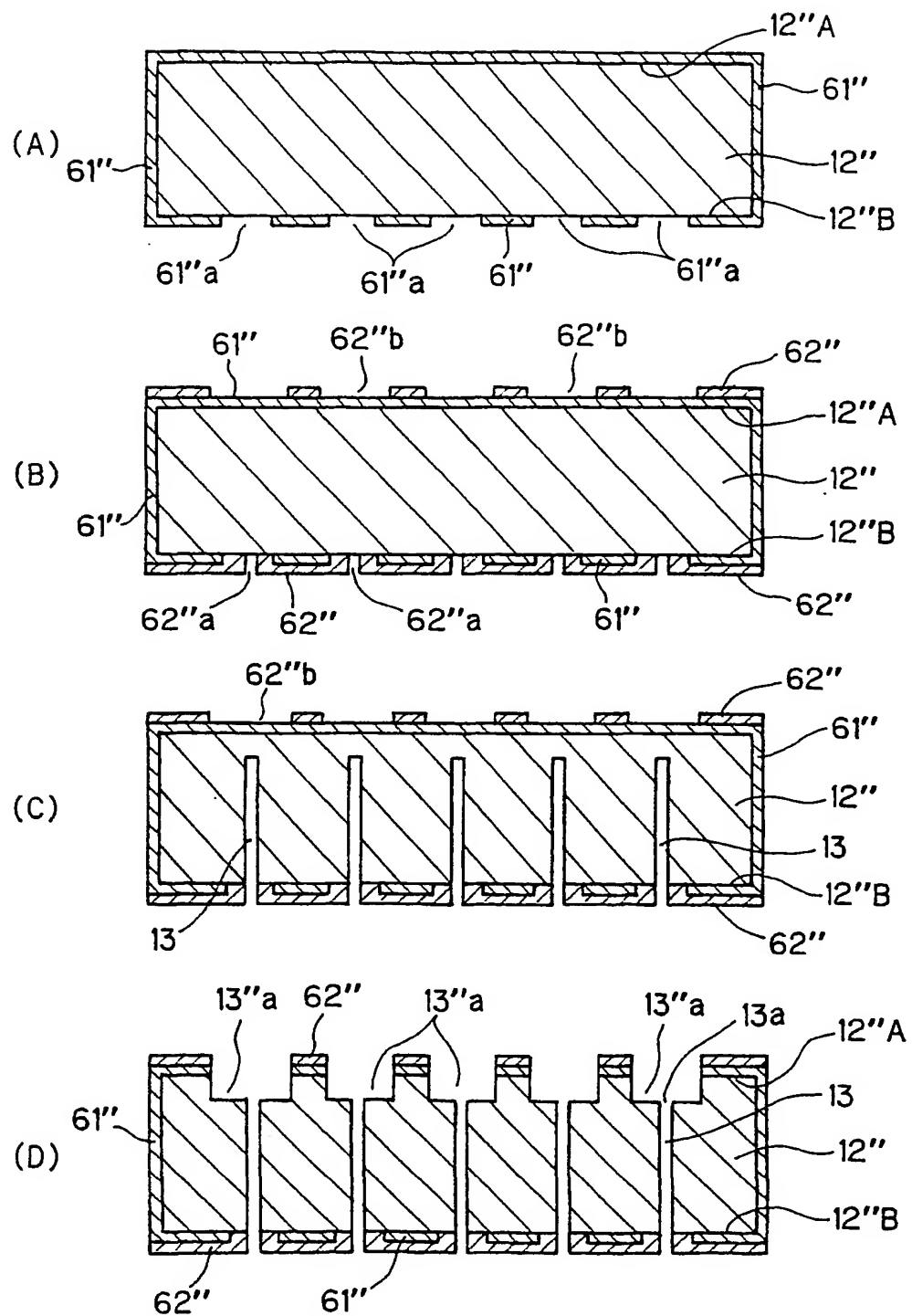


FIG. 24



21/59

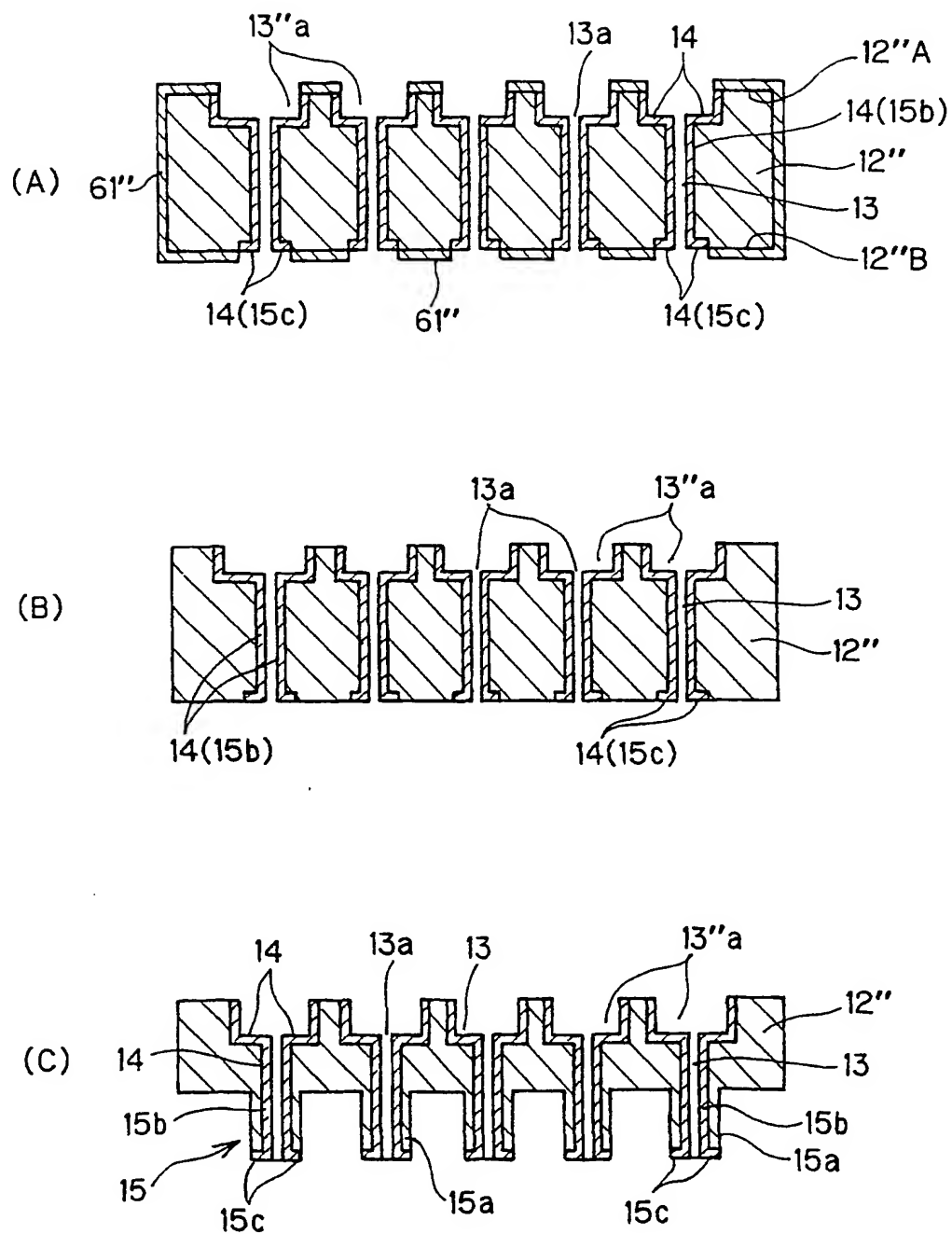


FIG. 25





22/59

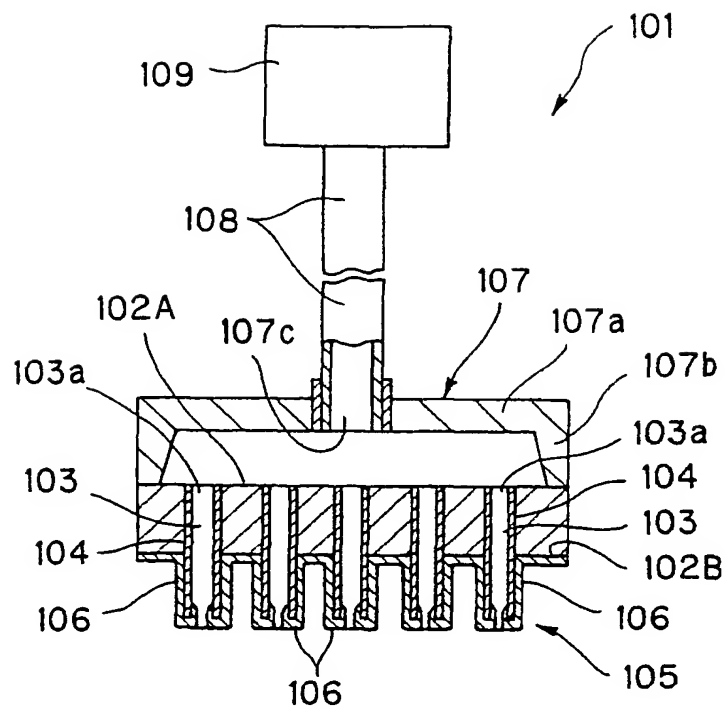


FIG. 26

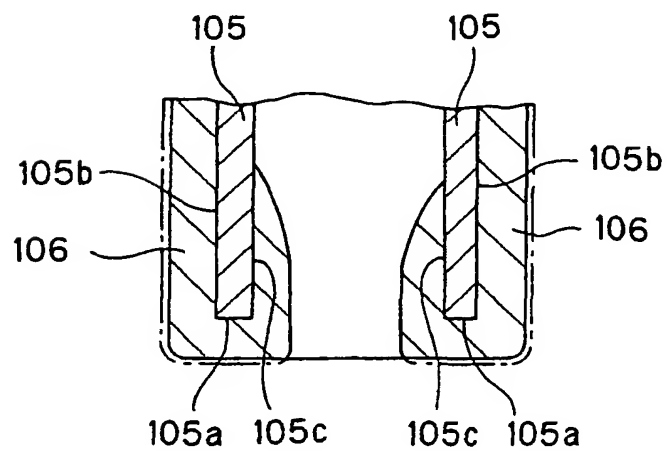


FIG. 27



23/59

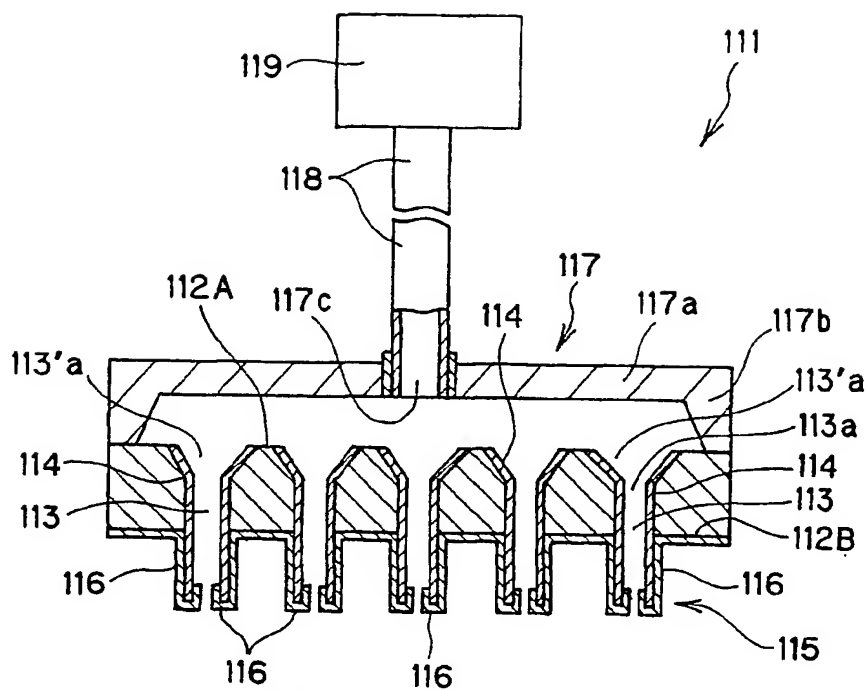


FIG. 28

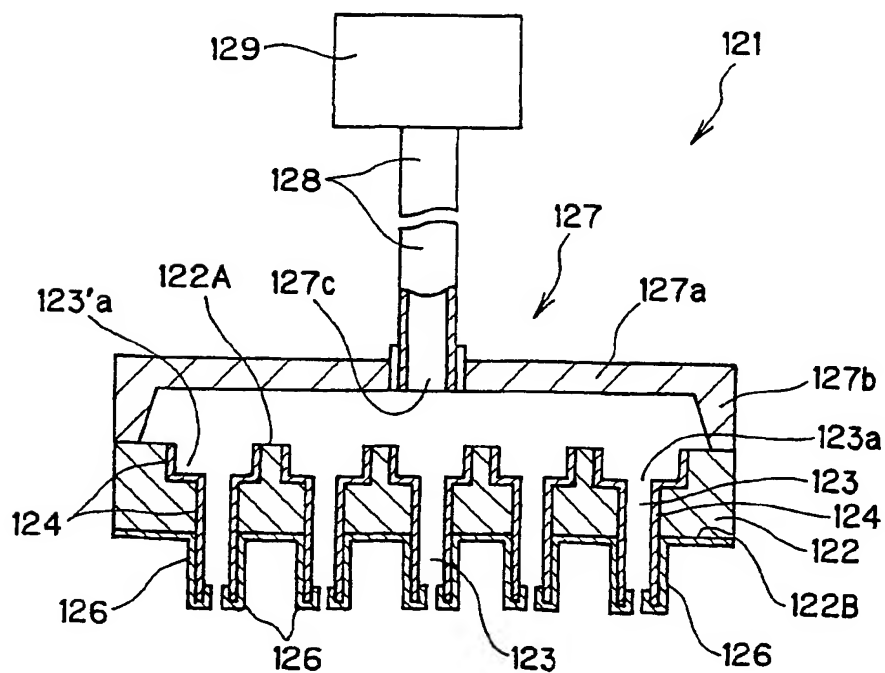


FIG. 29



24/59

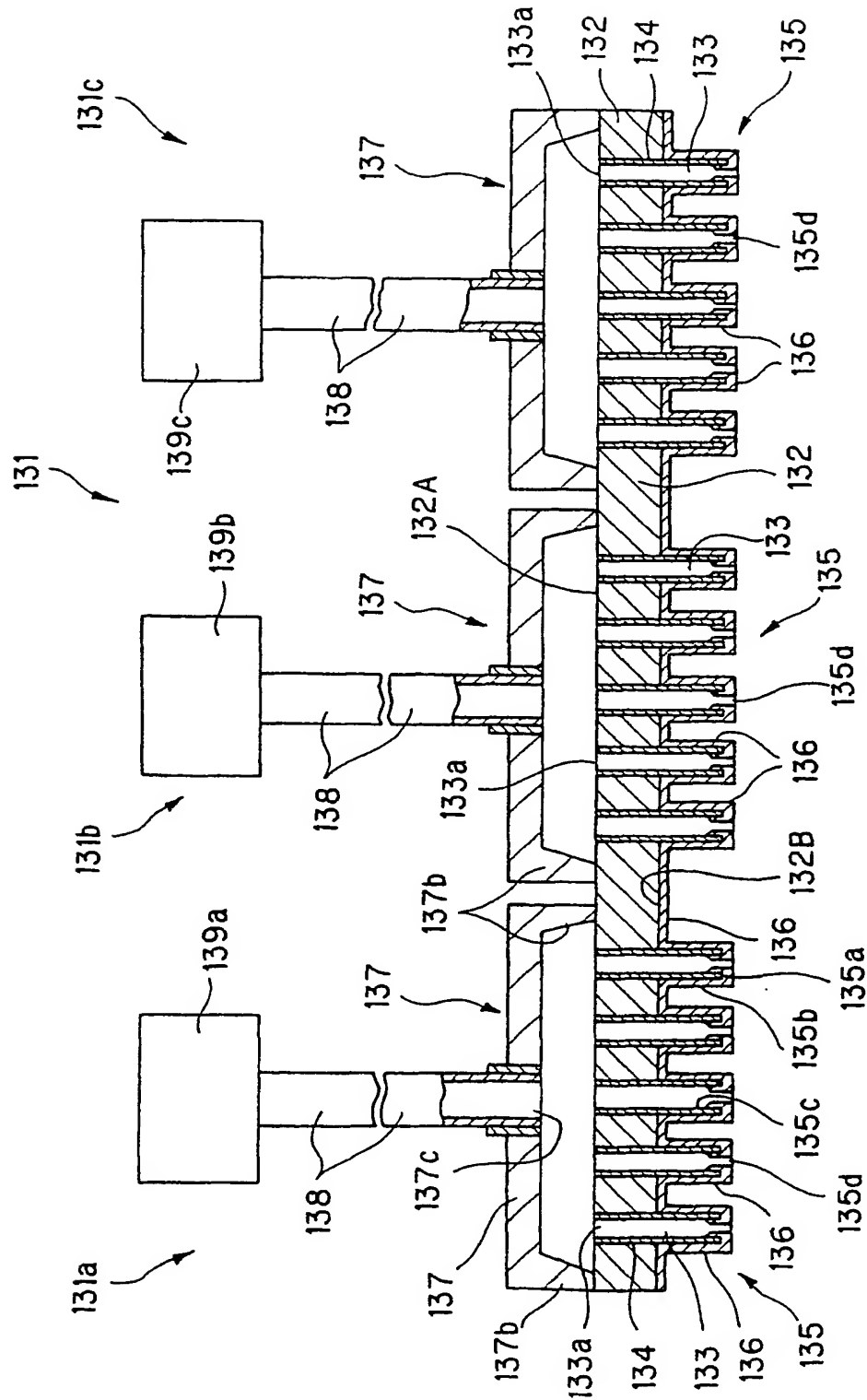


FIG. 30



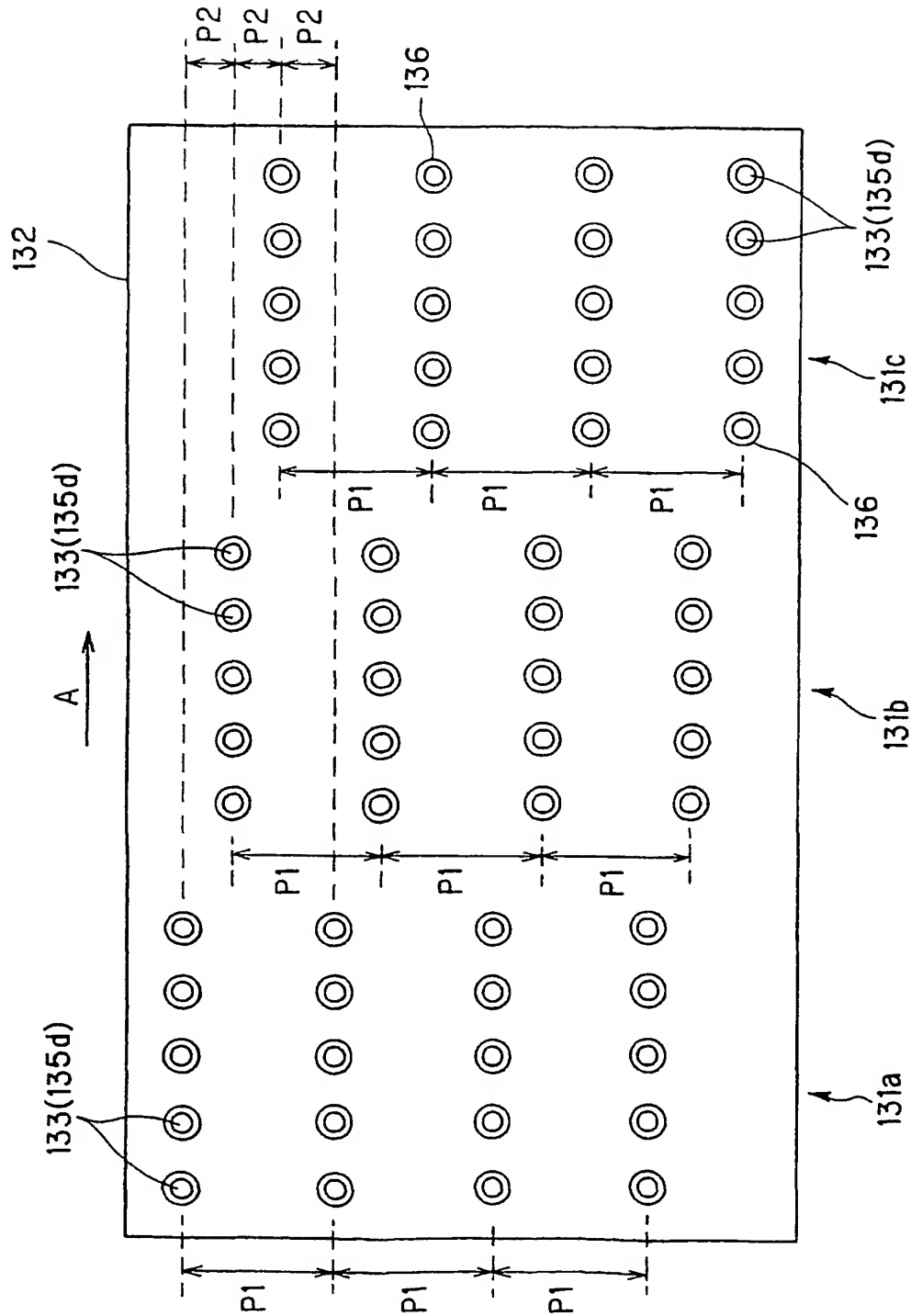


FIG. 31





26/59

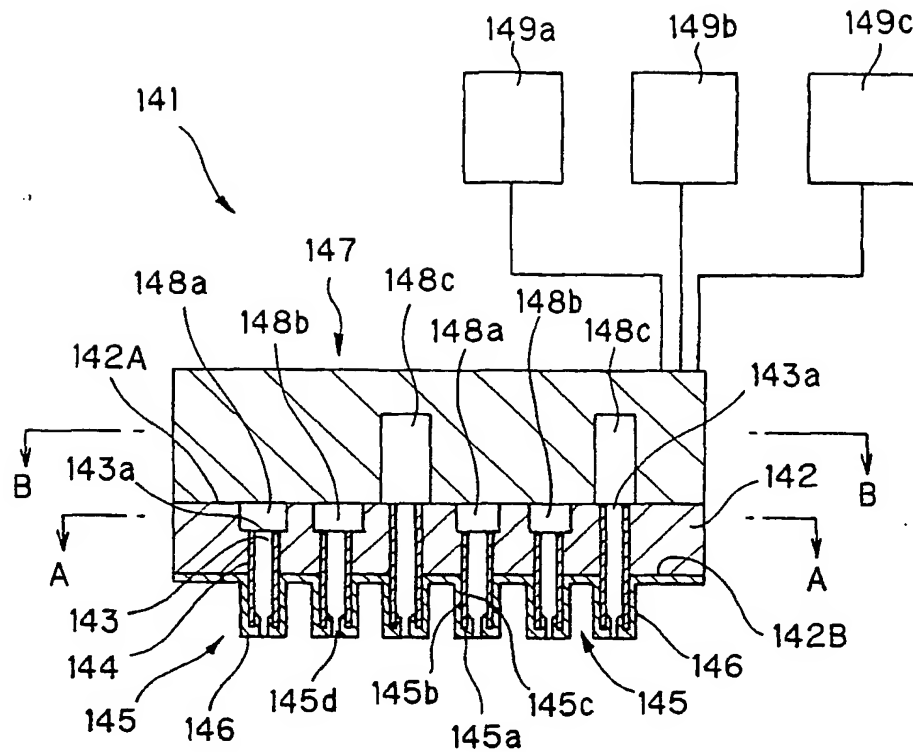


FIG. 32(A)

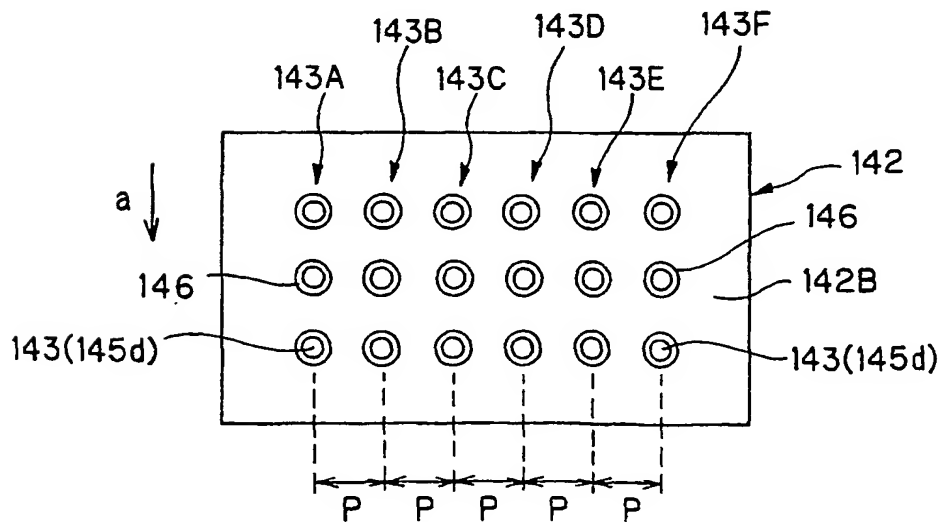


FIG. 32(B)



27/59

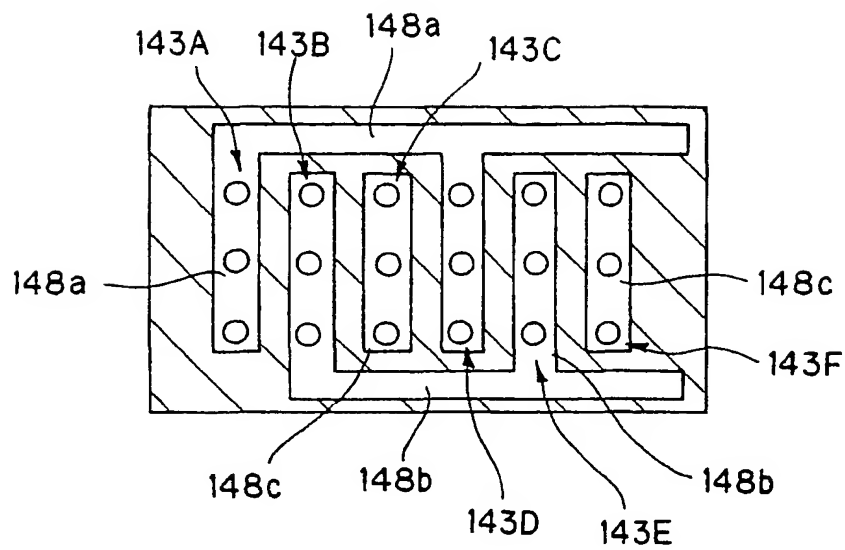


FIG. 33

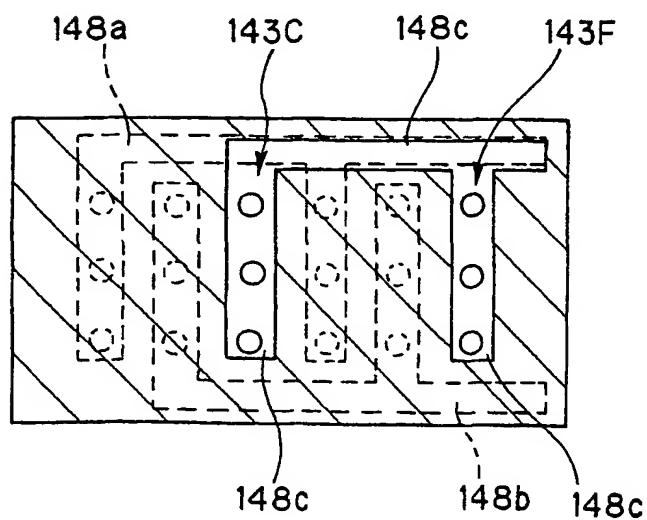


FIG. 34



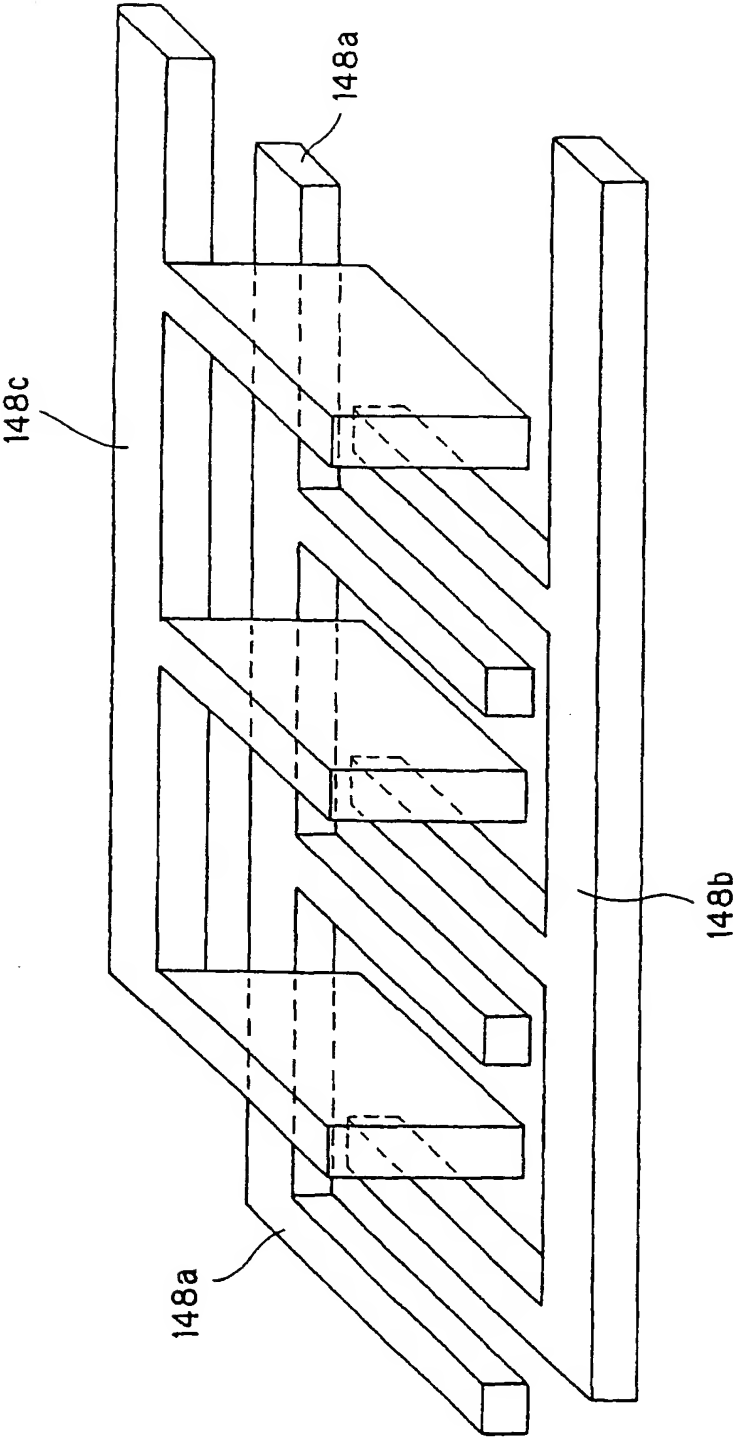


FIG. 35



29/59

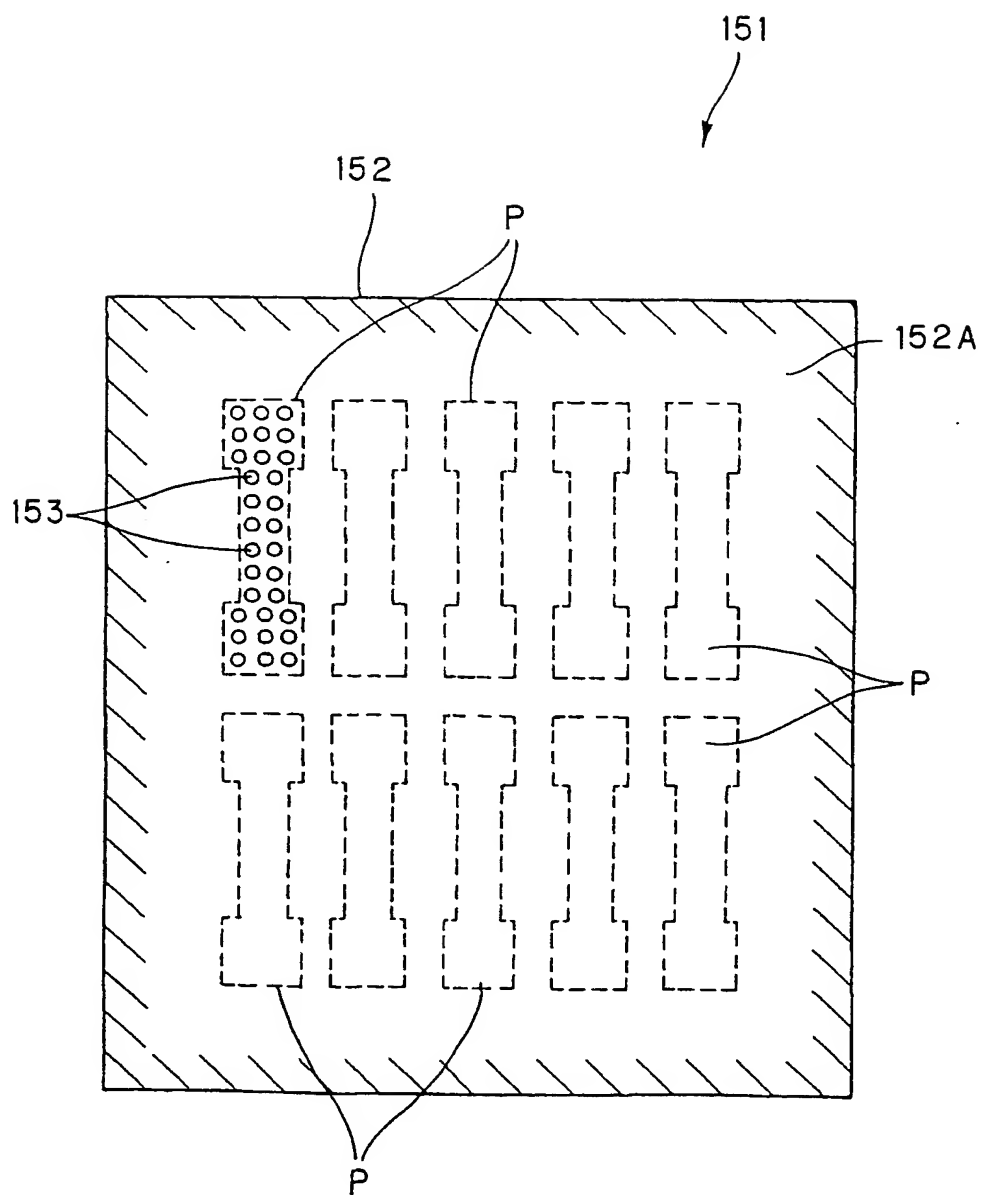


FIG. 36





30/59

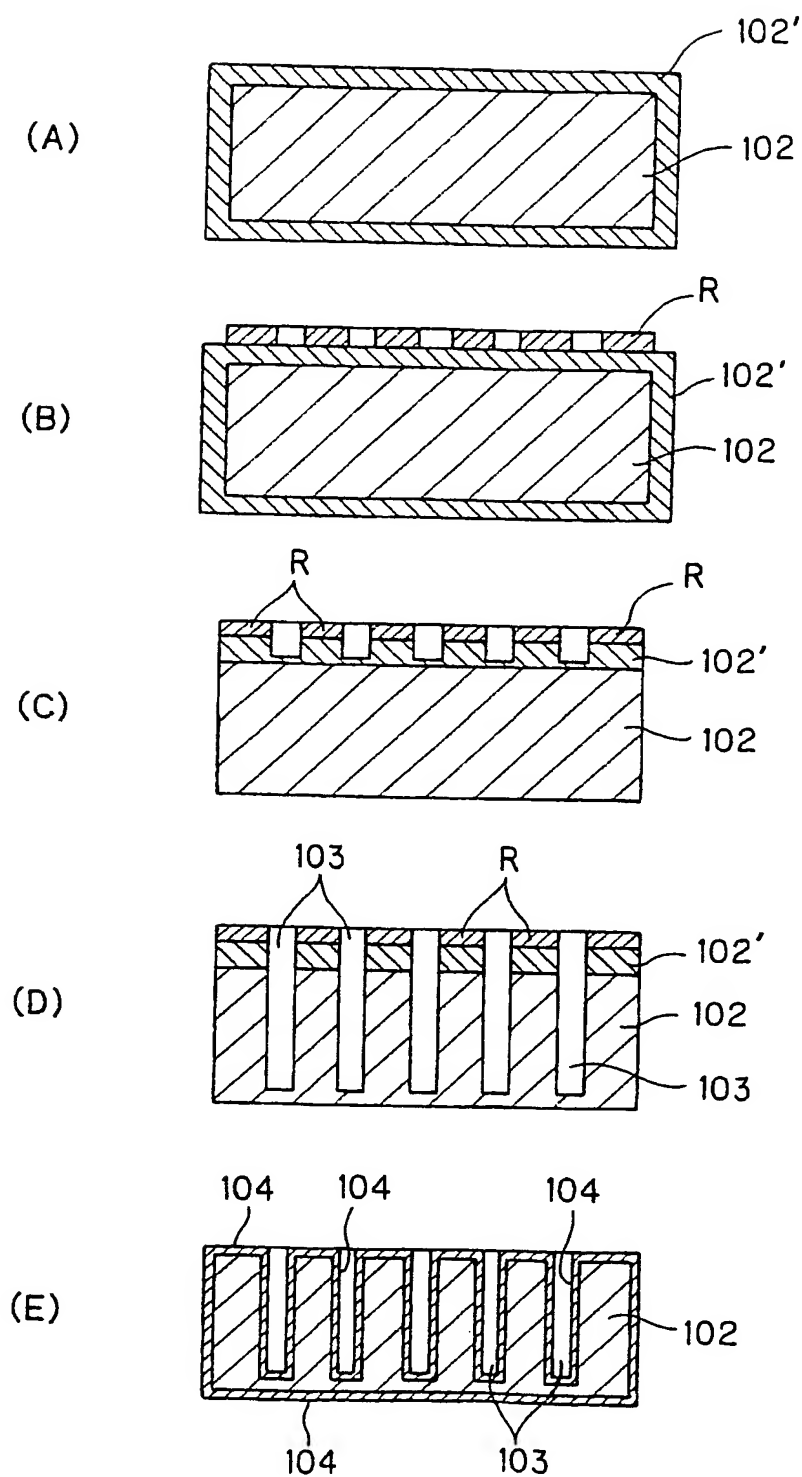


FIG. 37



31/59

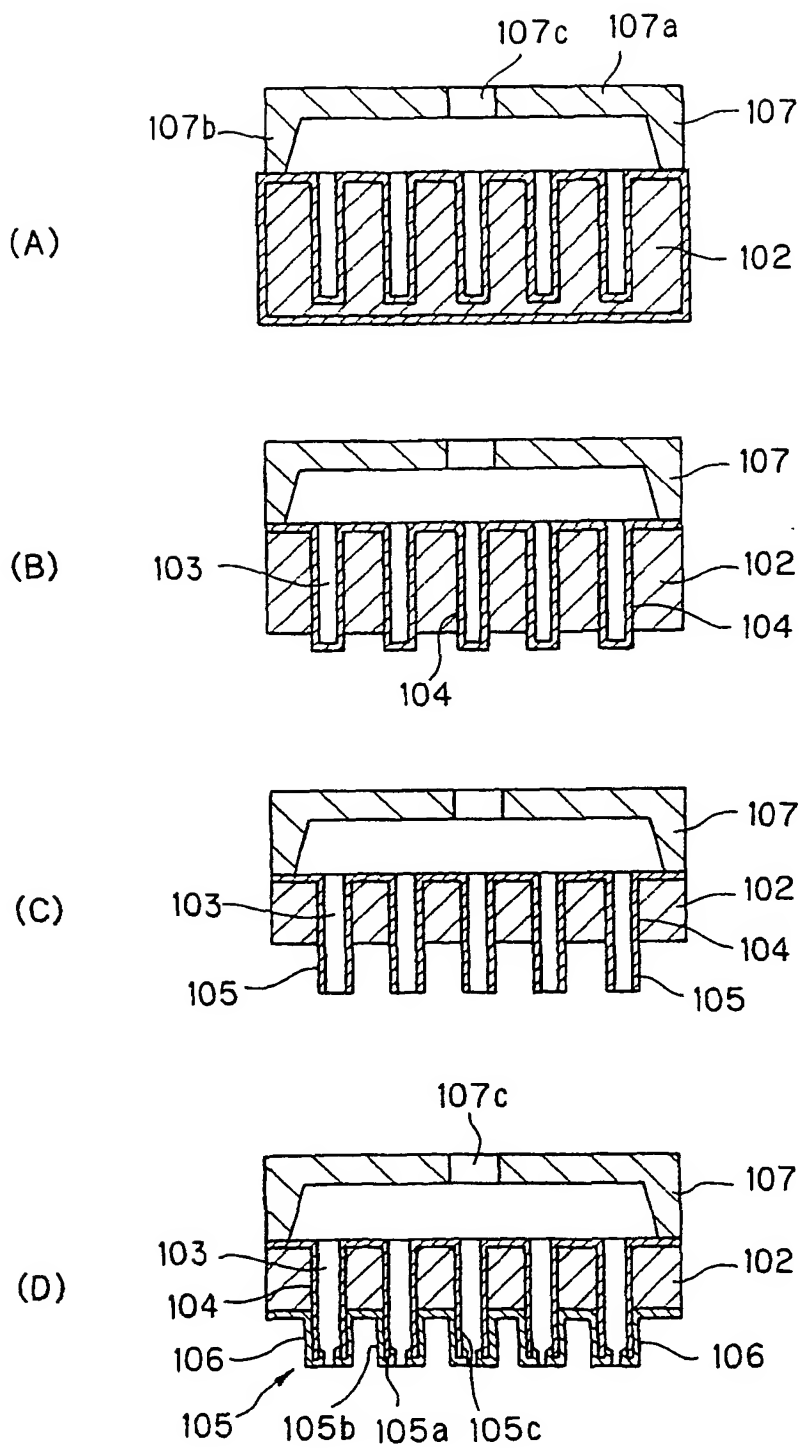


FIG. 38



32 / 59

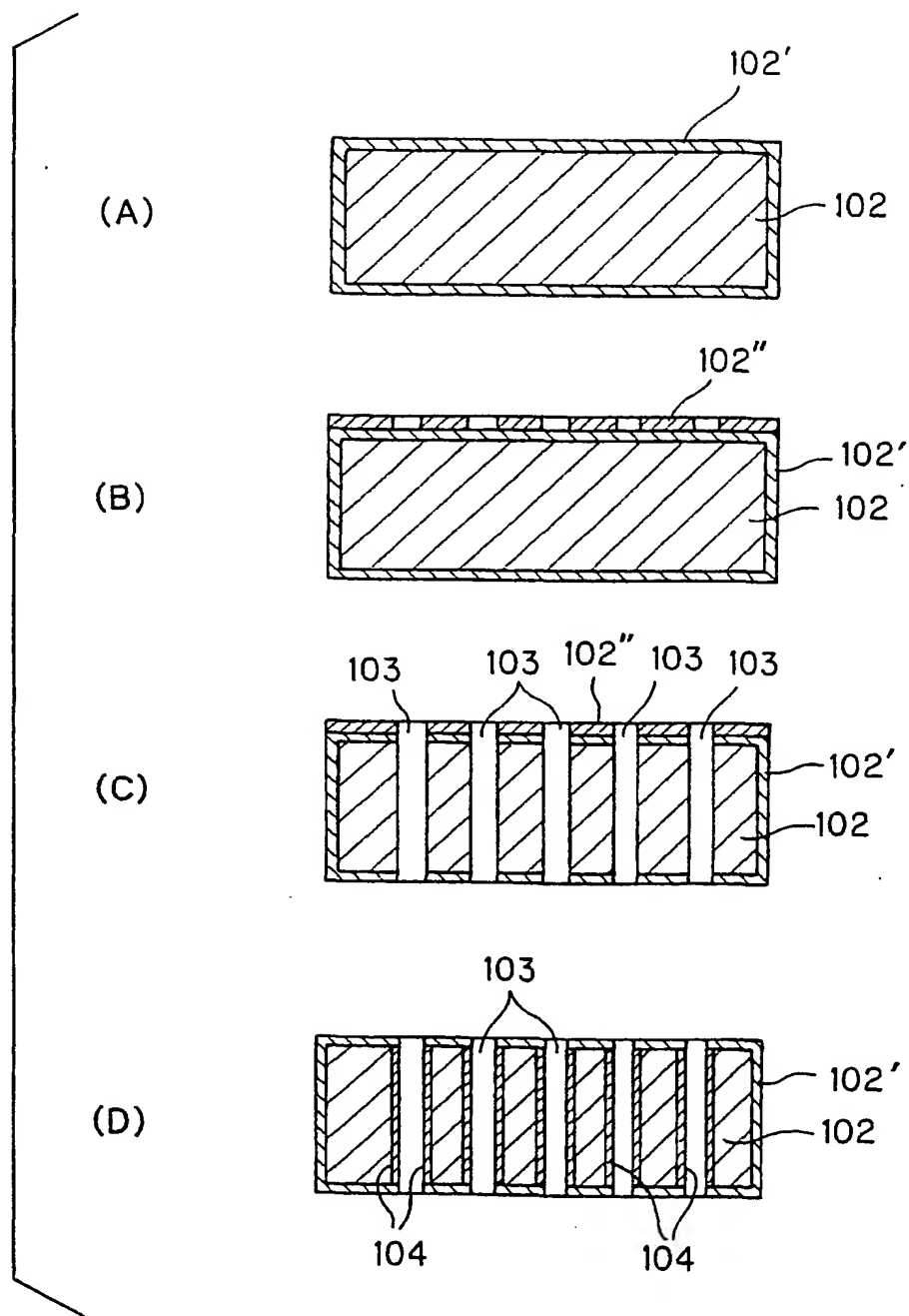


FIG. 39



33/59

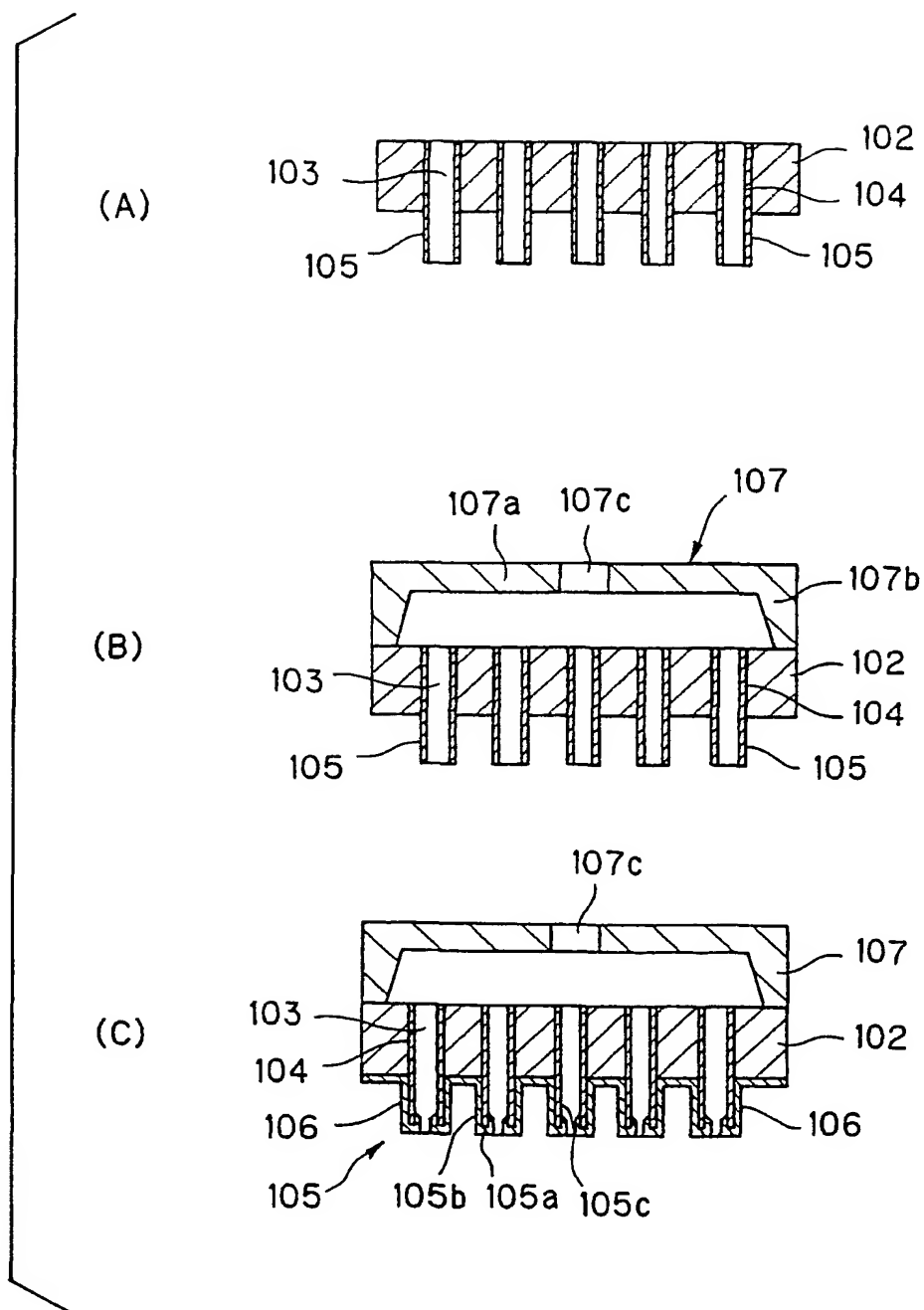


FIG. 40





34/59

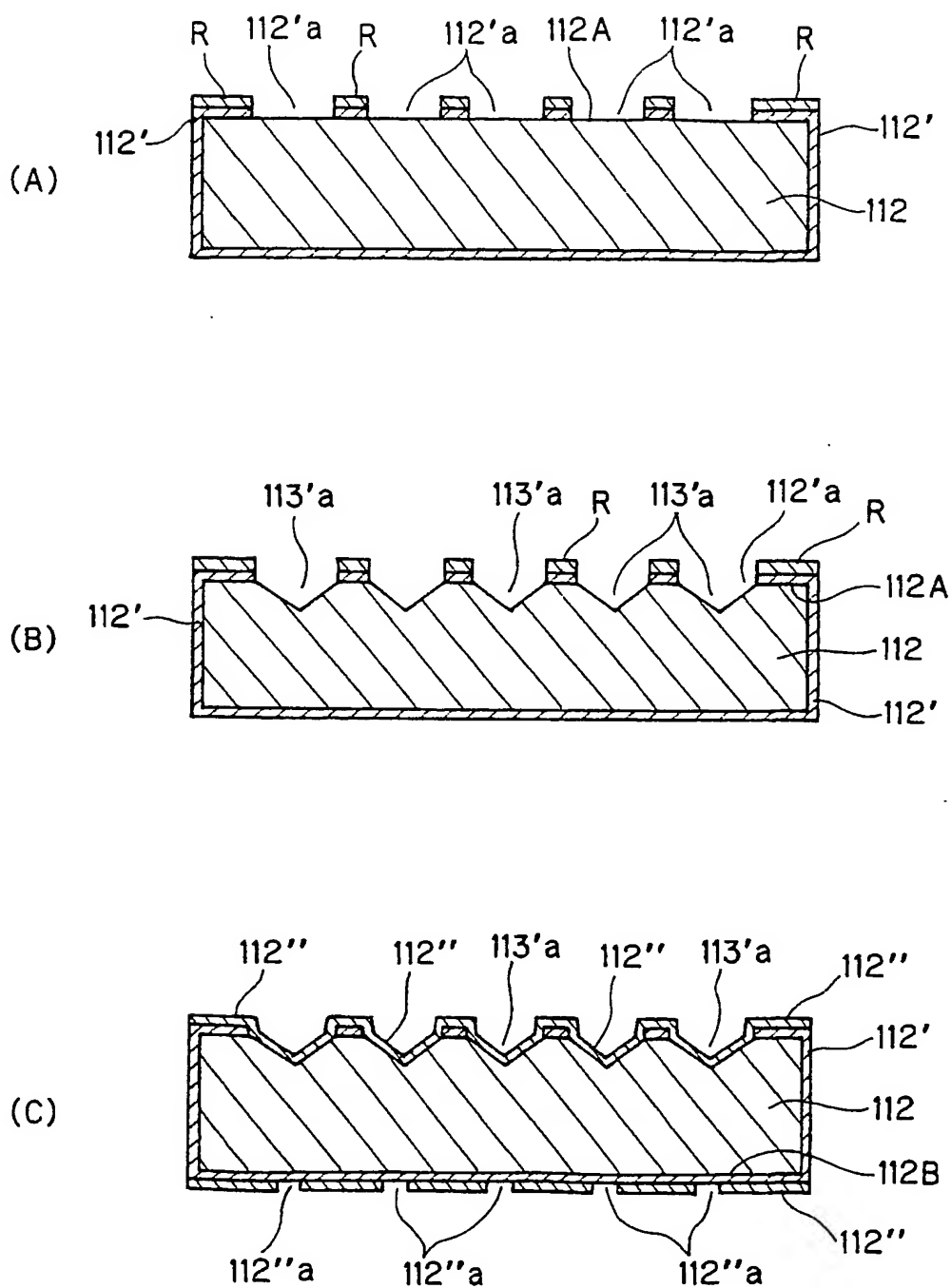


FIG. 41



35/59

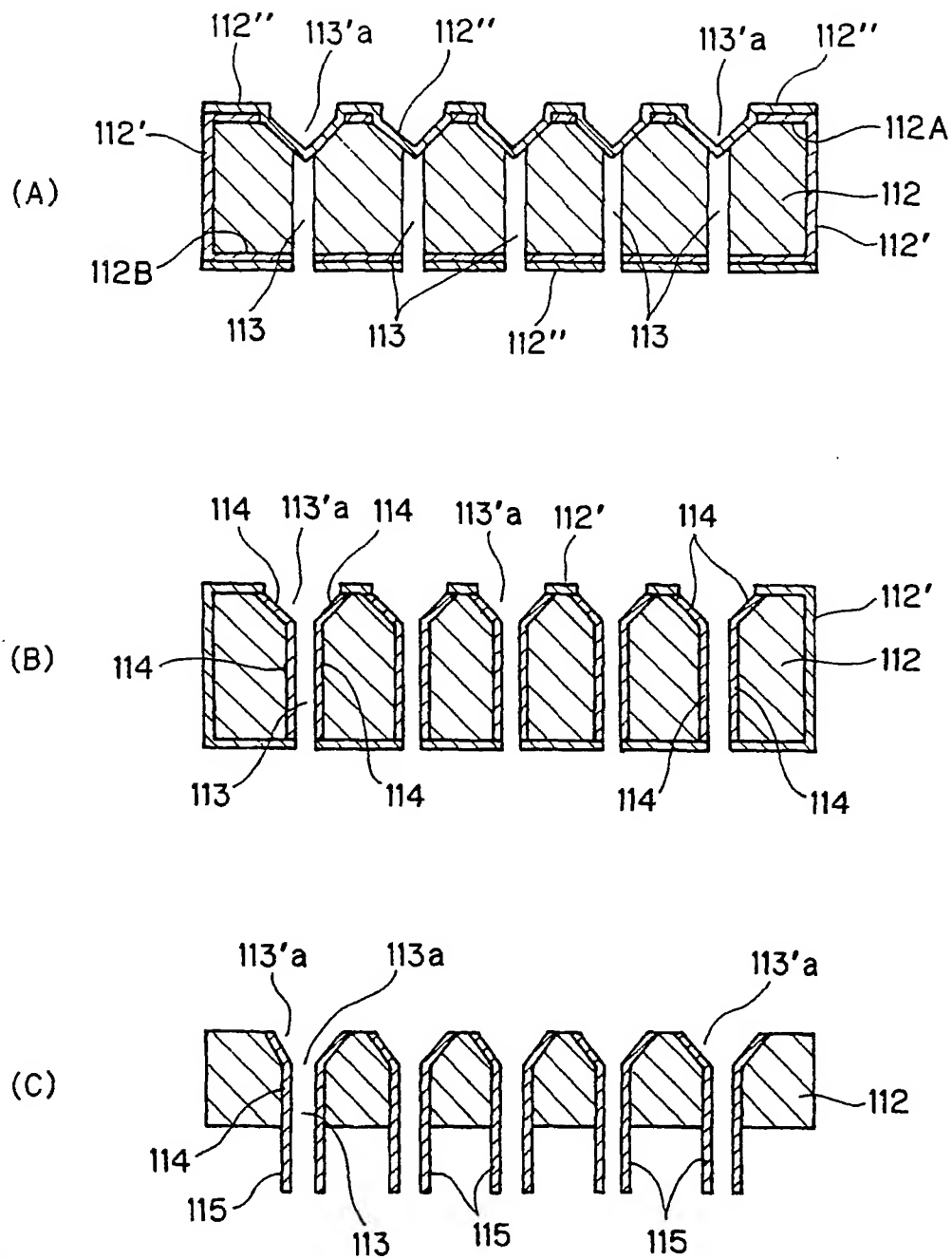


FIG. 42



36/59

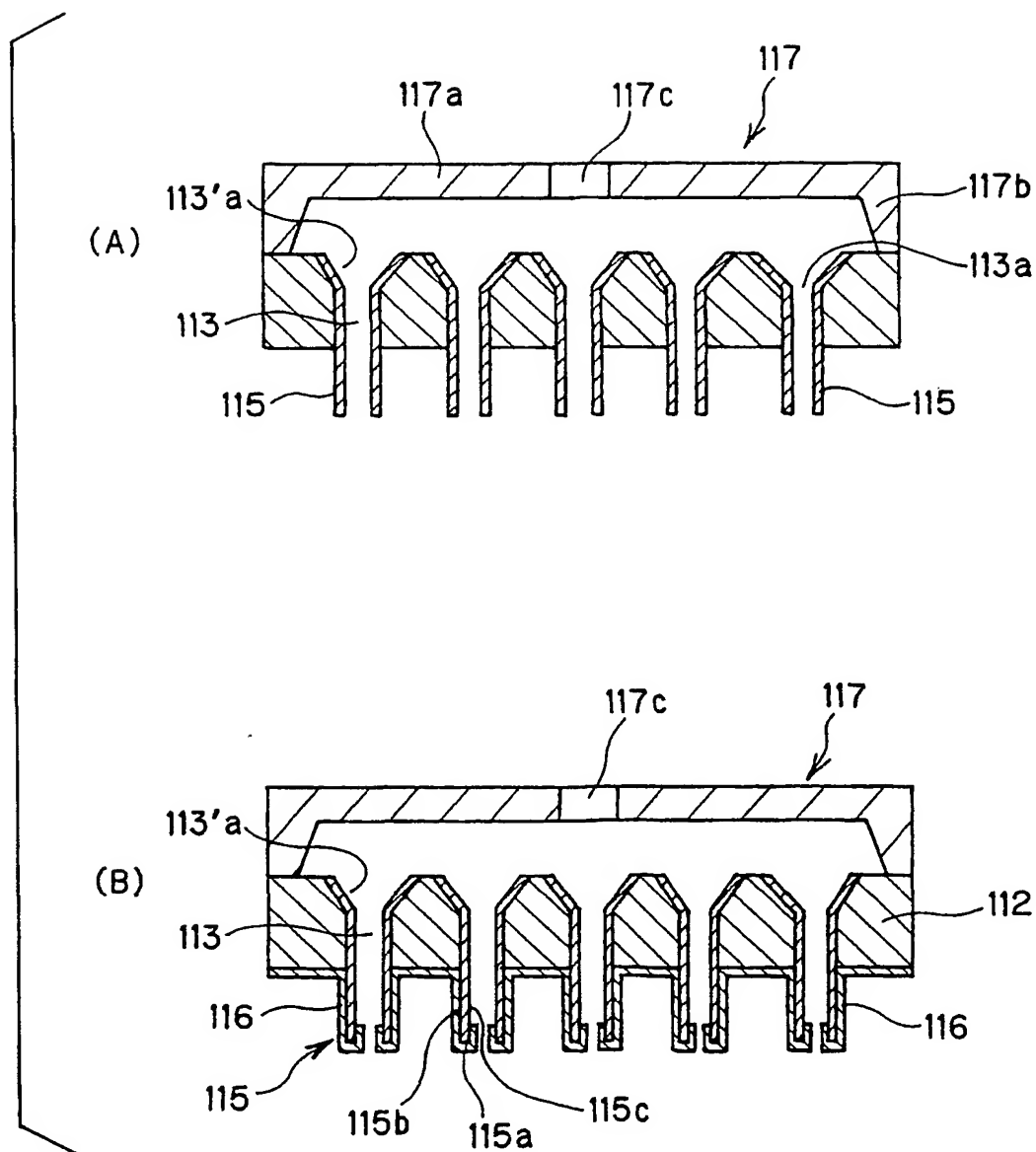


FIG. 43



37/59

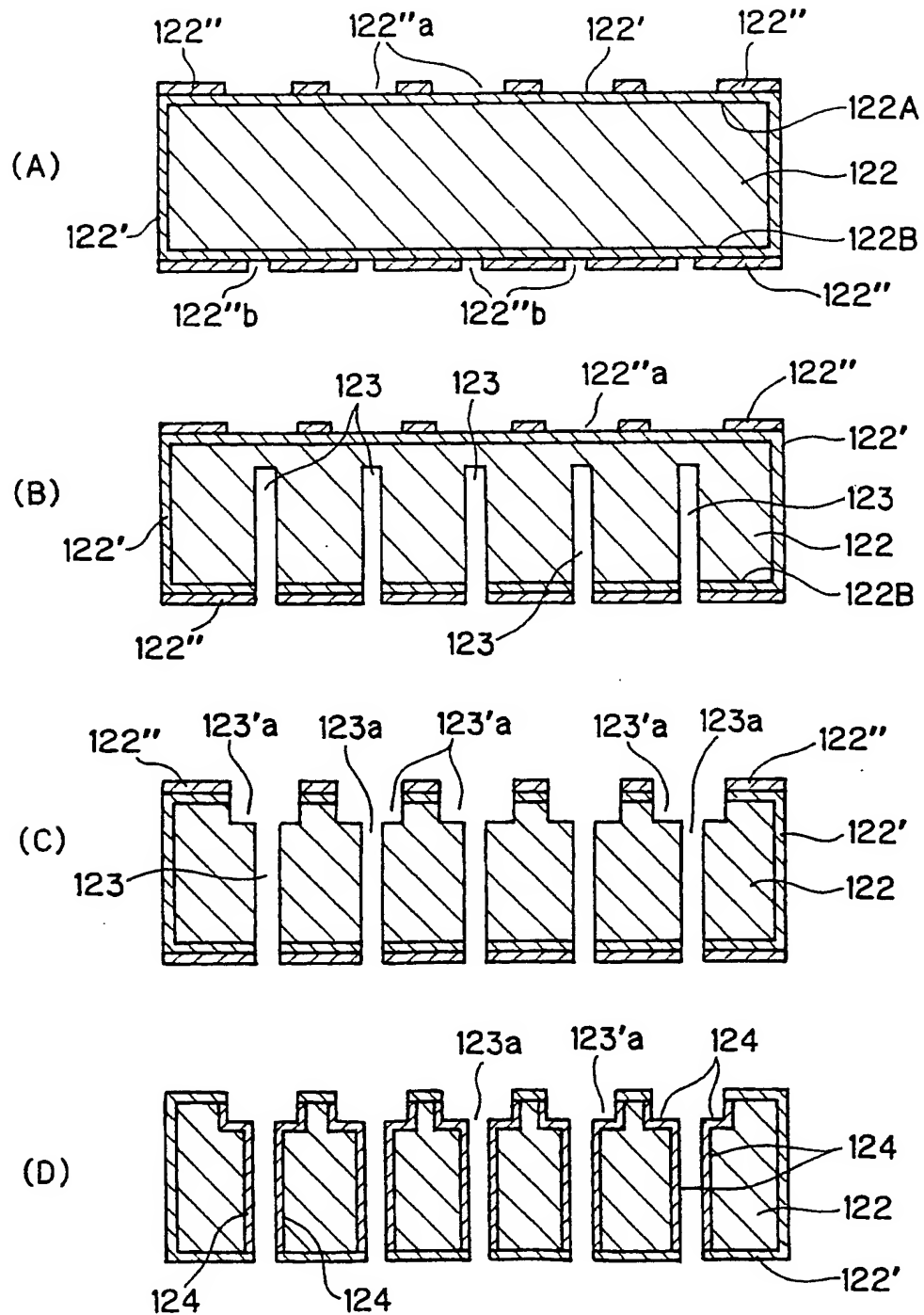


FIG. 44





38/59

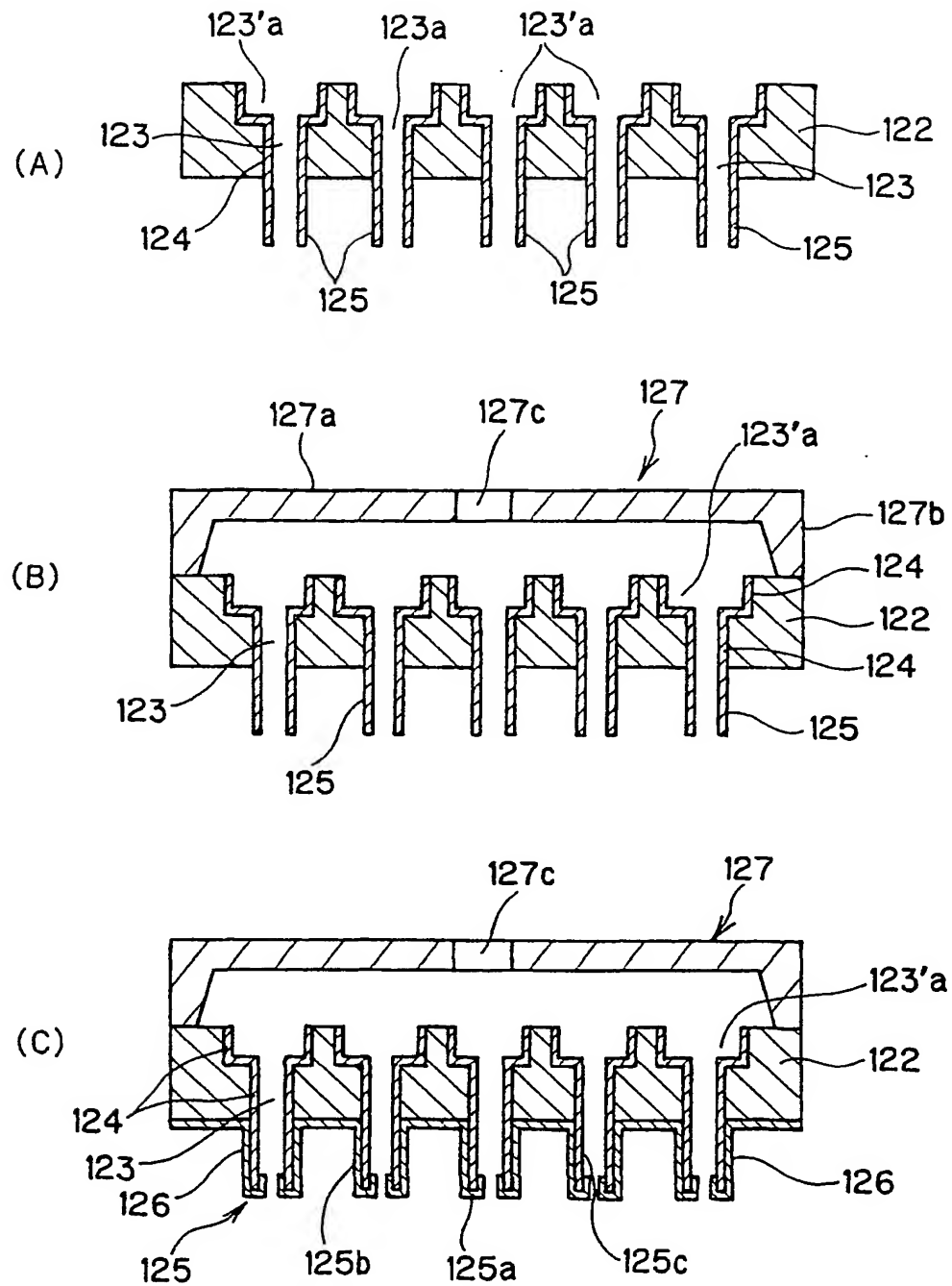


FIG. 45



39/59

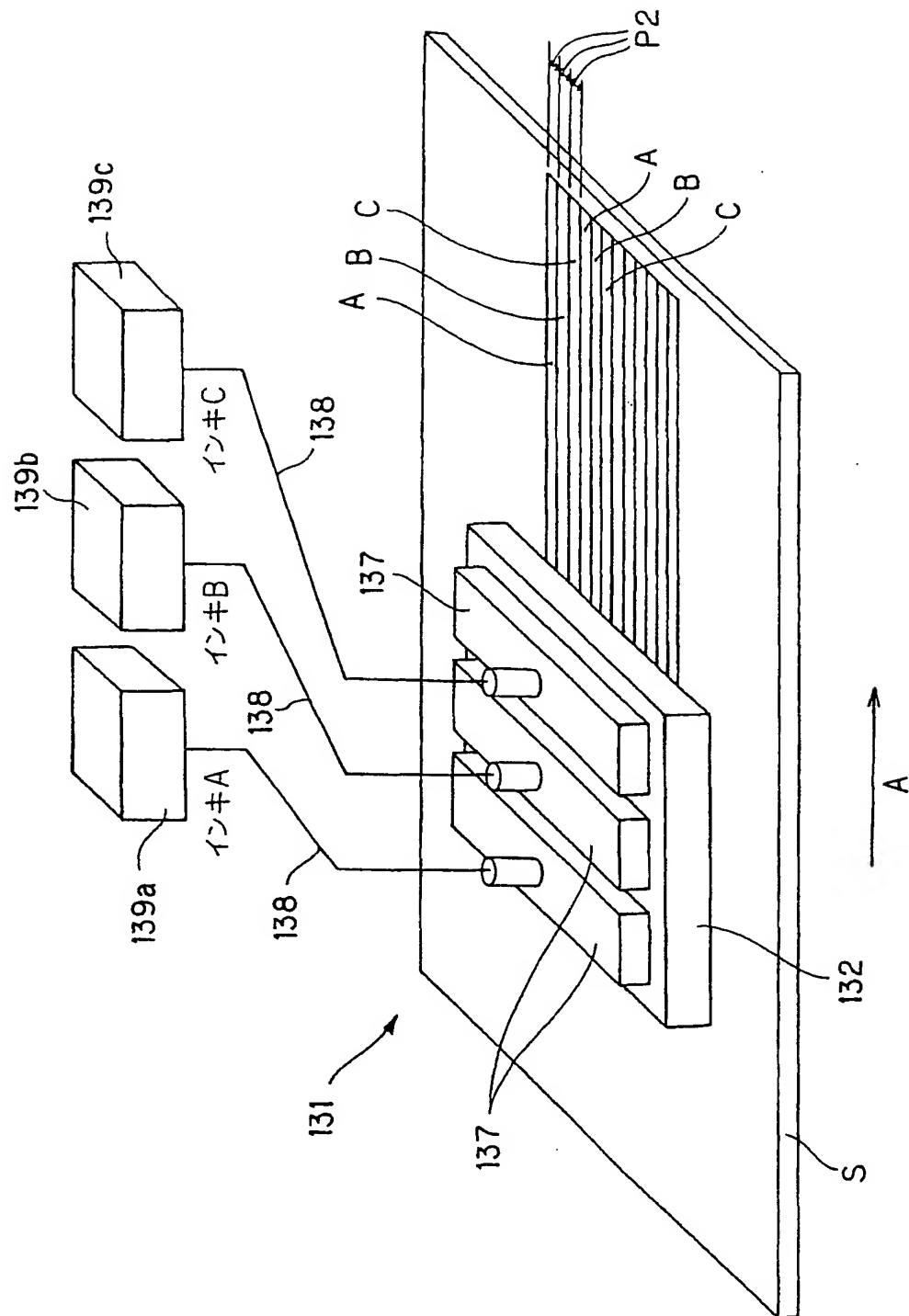


FIG. 46



40/59

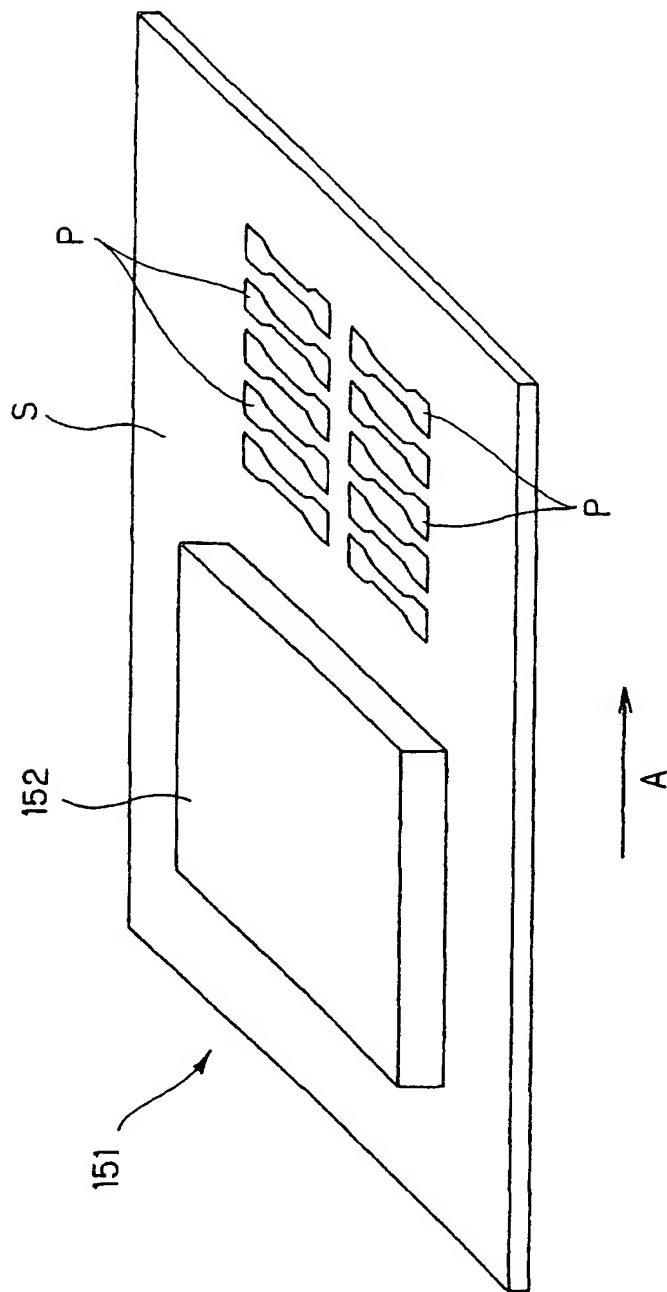


FIG. 47



41/59

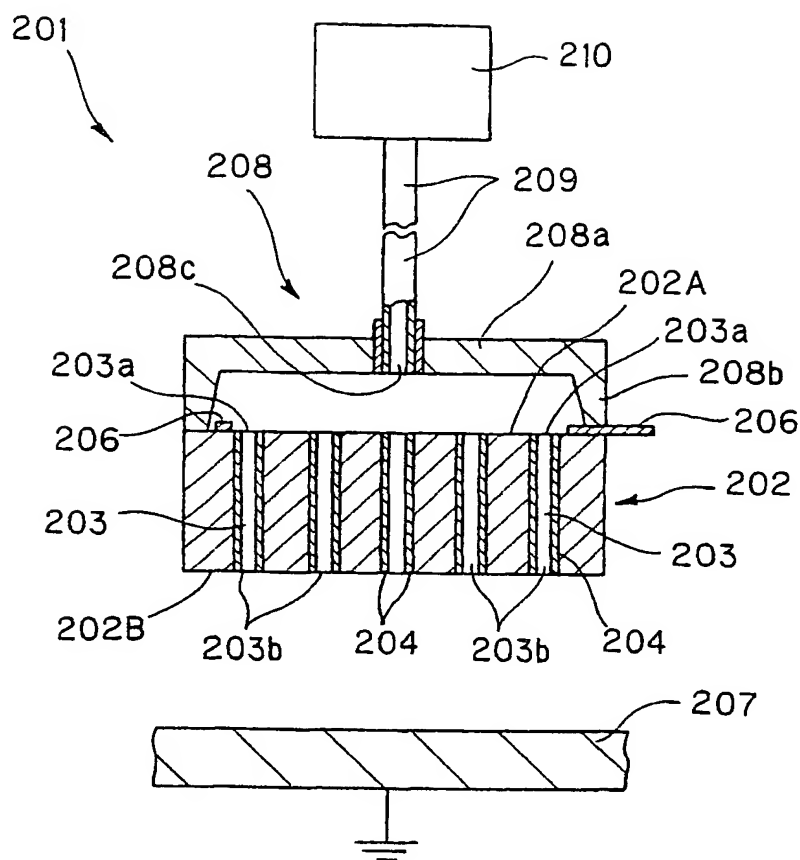


FIG. 48

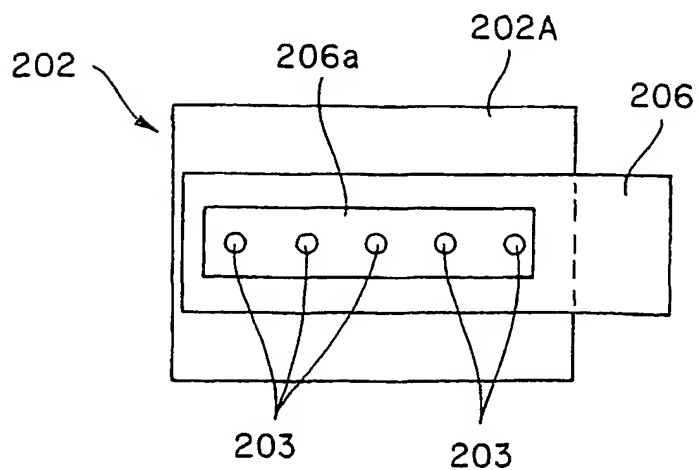


FIG. 49





42/59

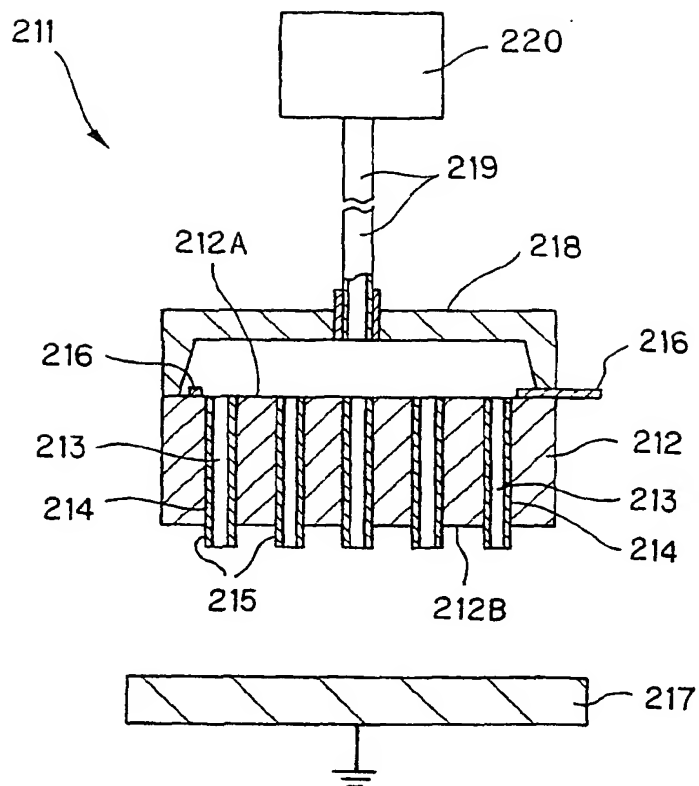


FIG. 50

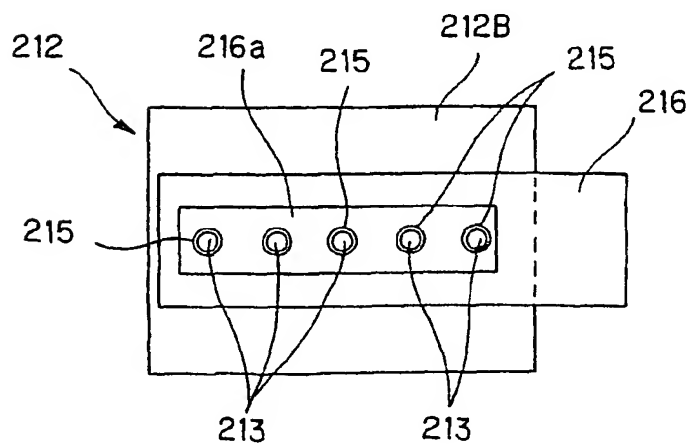


FIG. 51



43/59

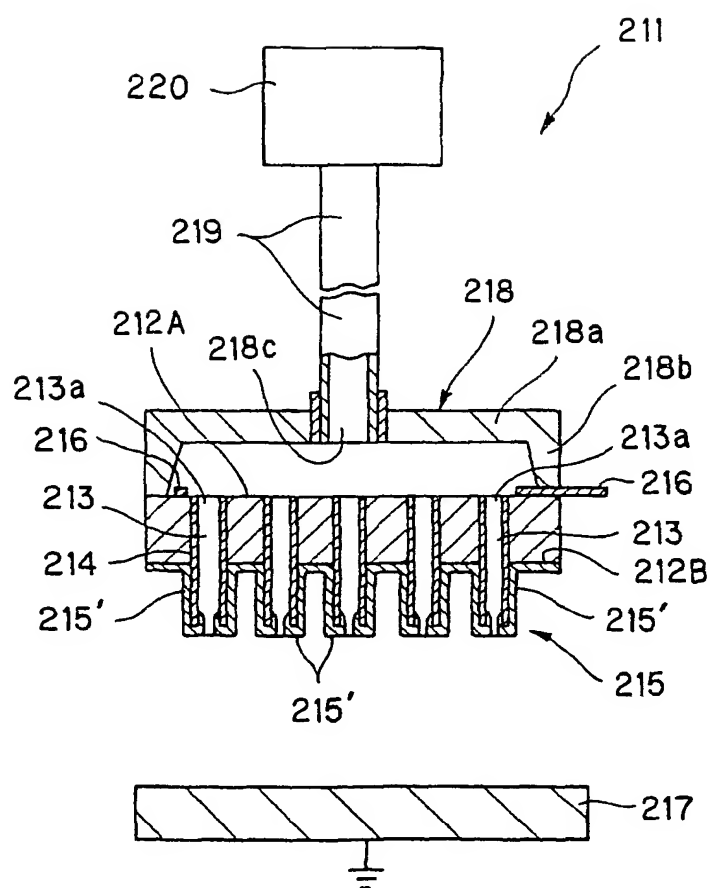


FIG. 52



44/59

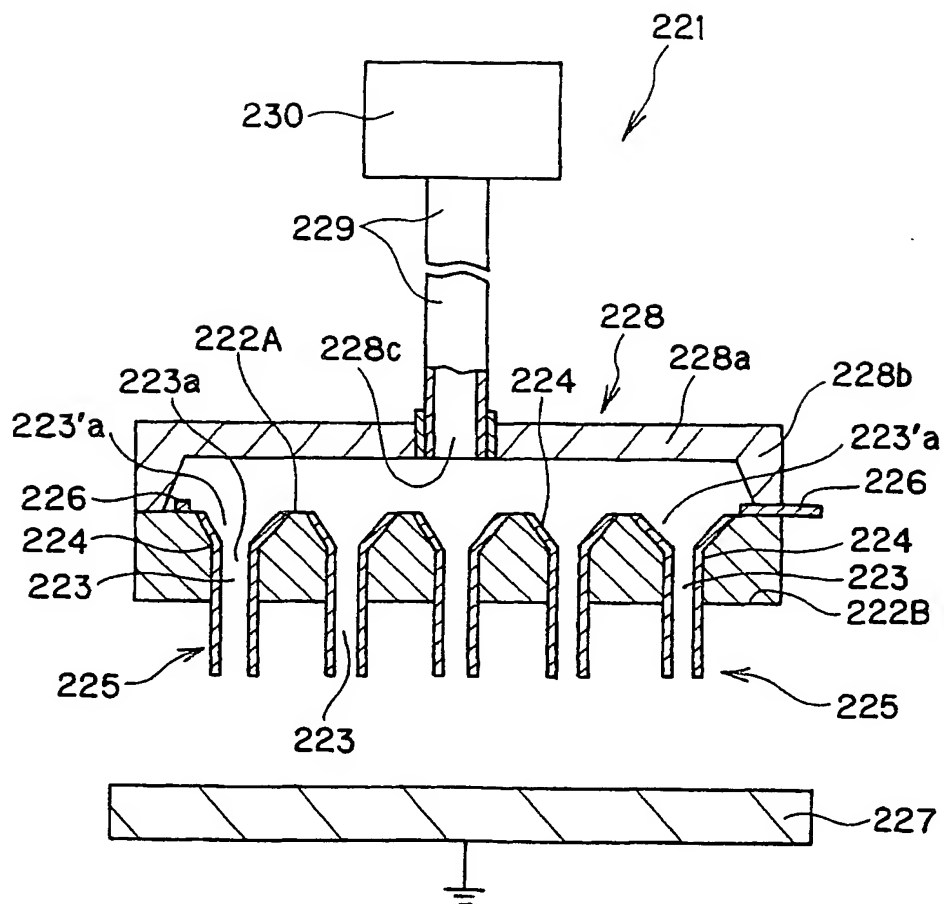


FIG. 53









46/59

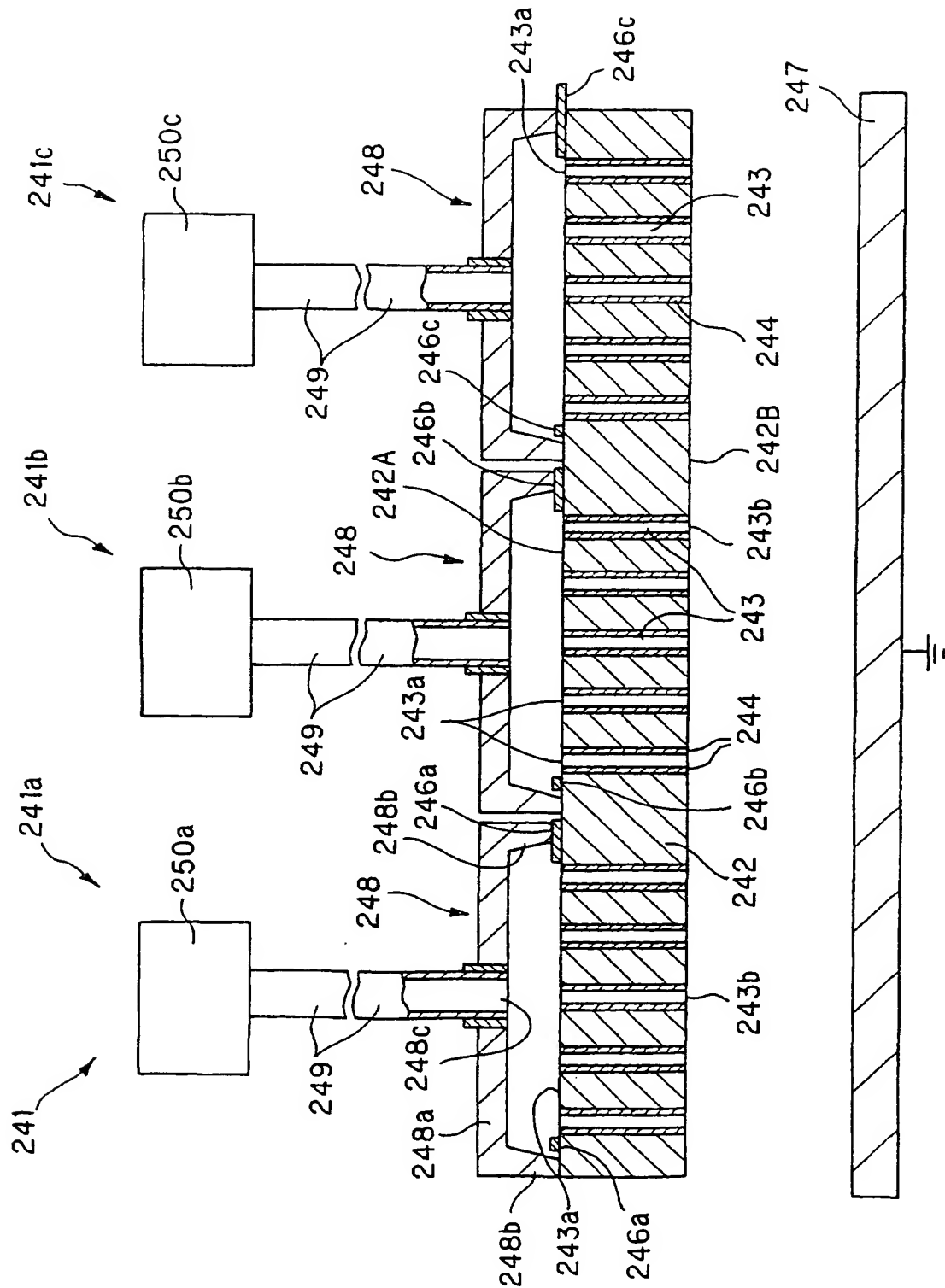


FIG. 55



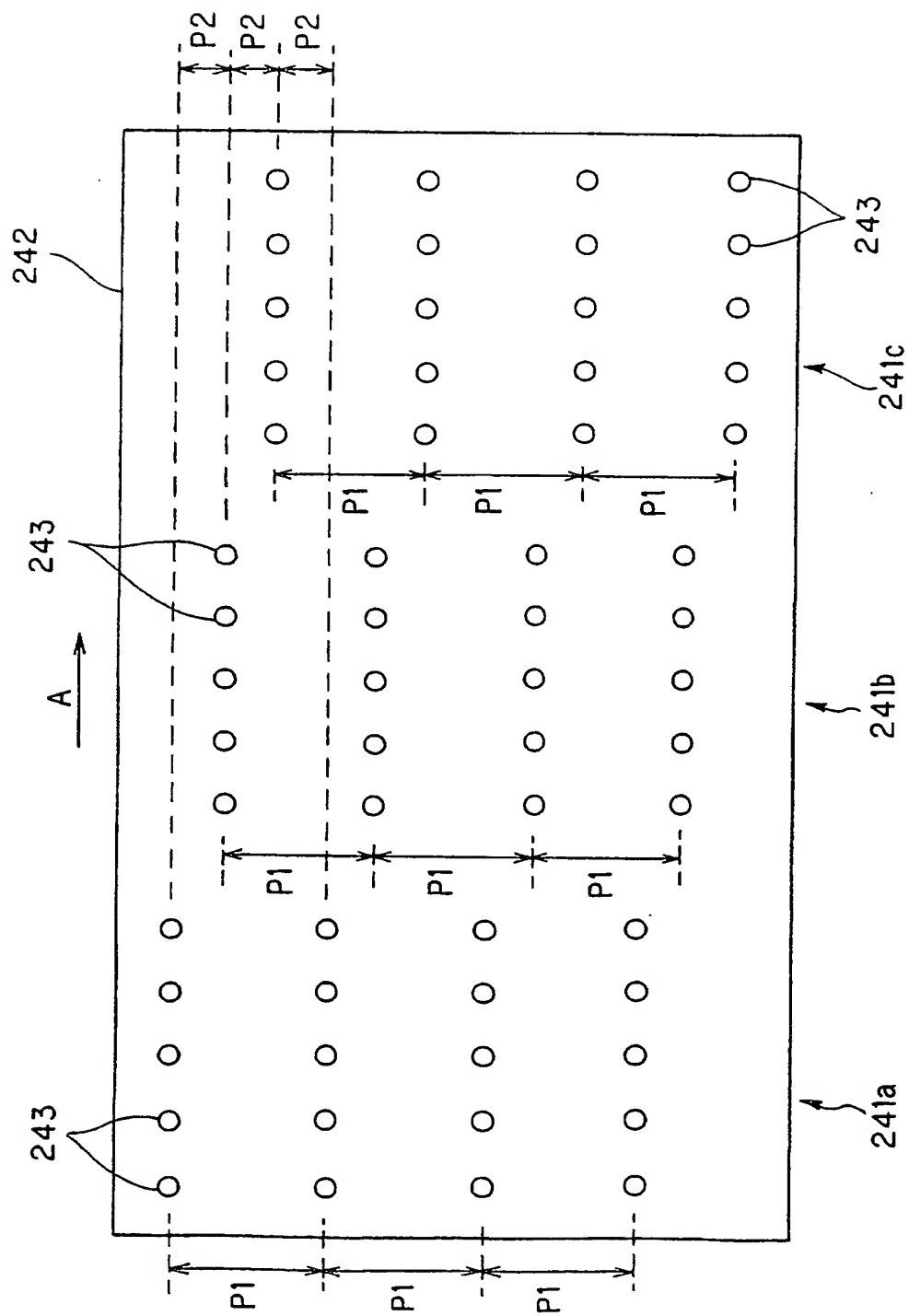


FIG. 56



48/59

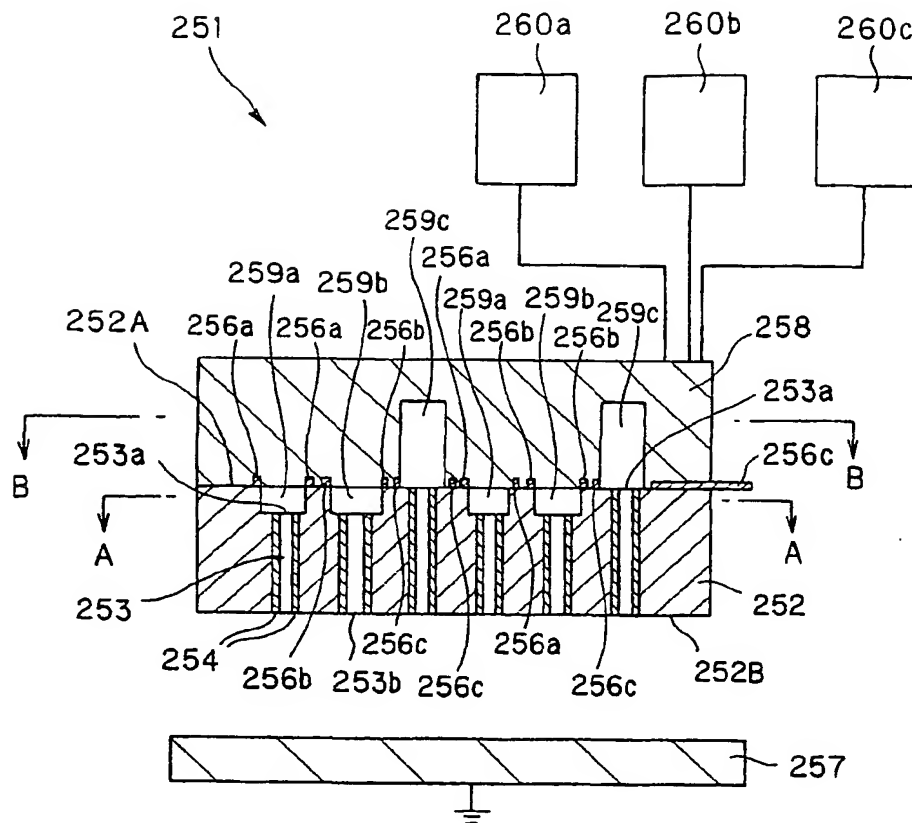
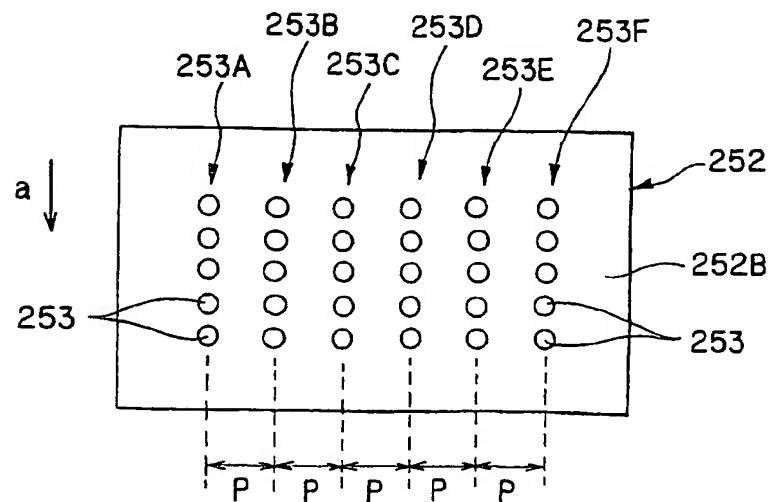


FIG. 57 (A)



**FIG. 57 (B)**



49/59

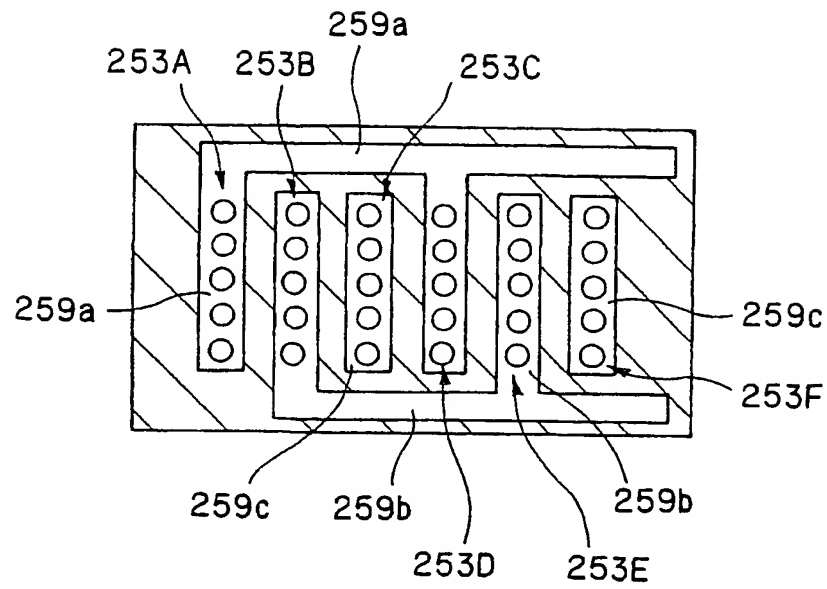


FIG. 58

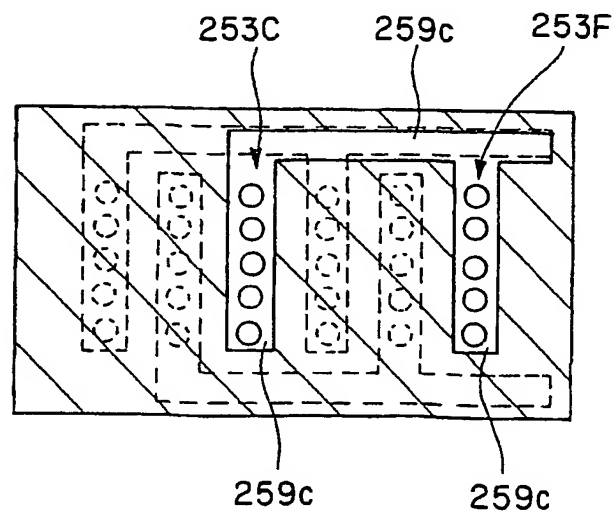


FIG. 59





50/59

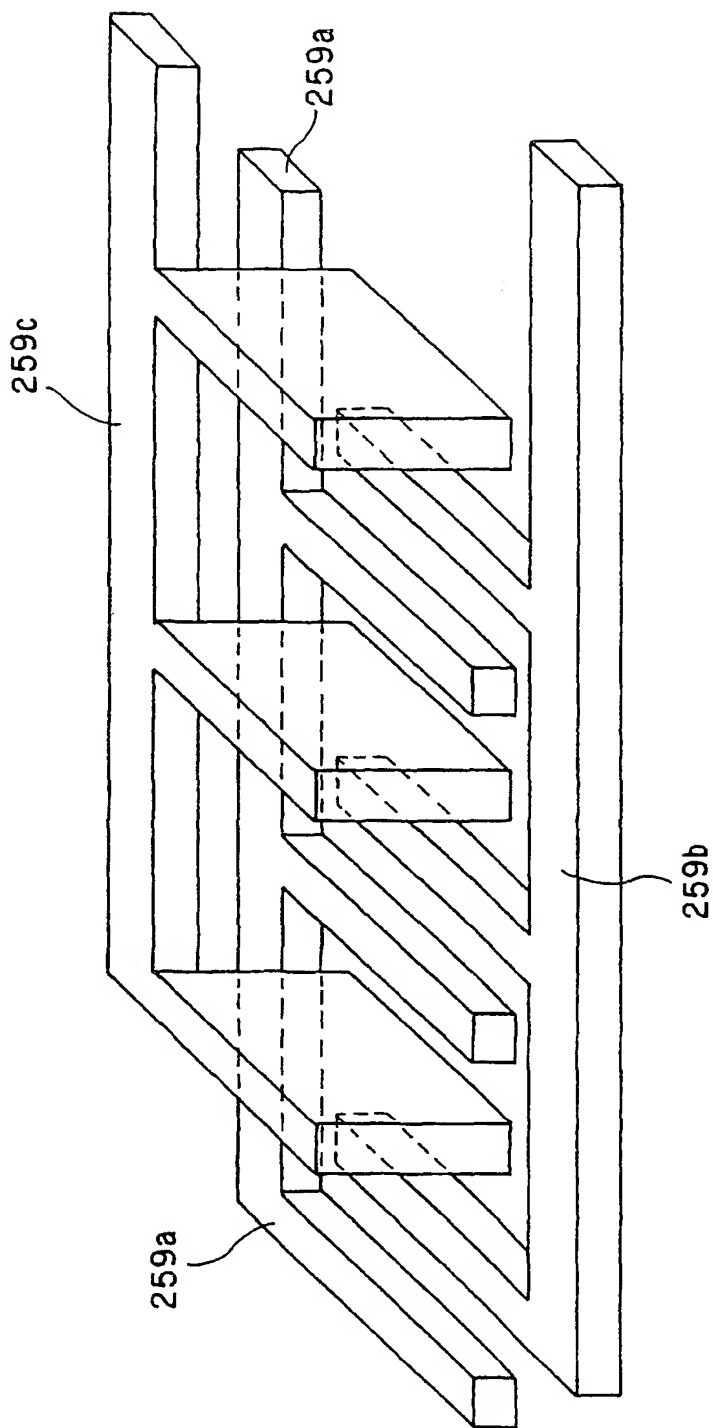


FIG. 60



51/59

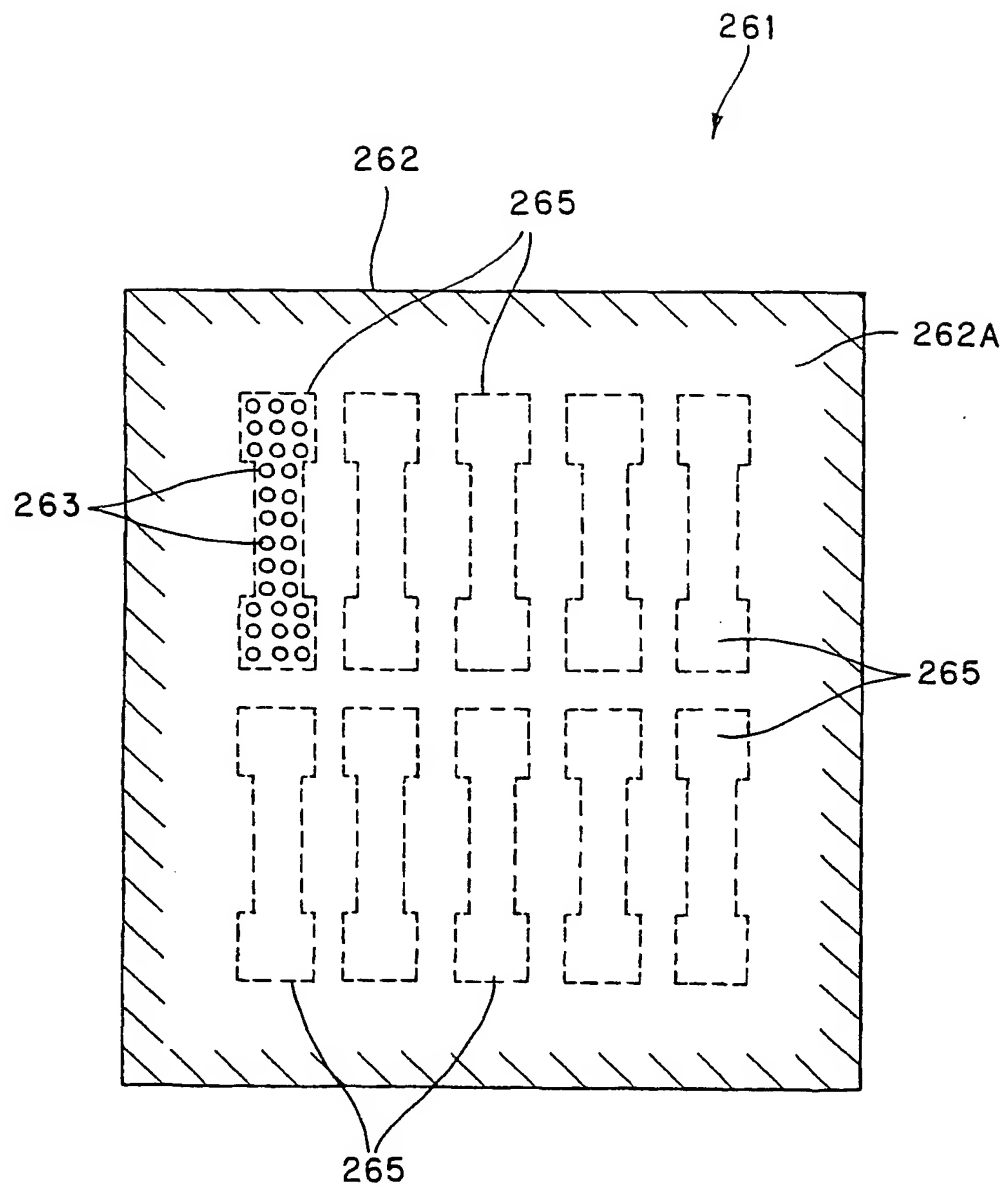


FIG. 61



52/59

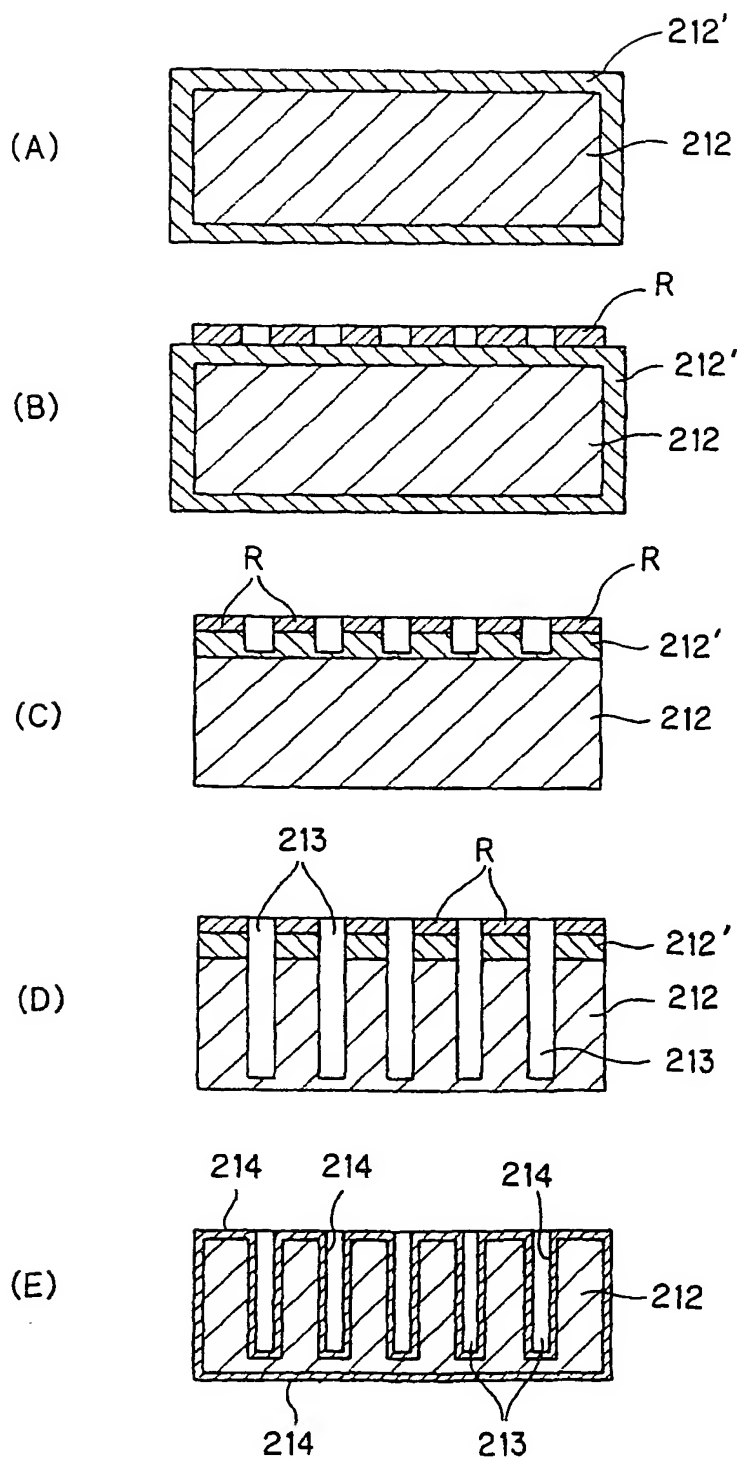


FIG. 62



53/59

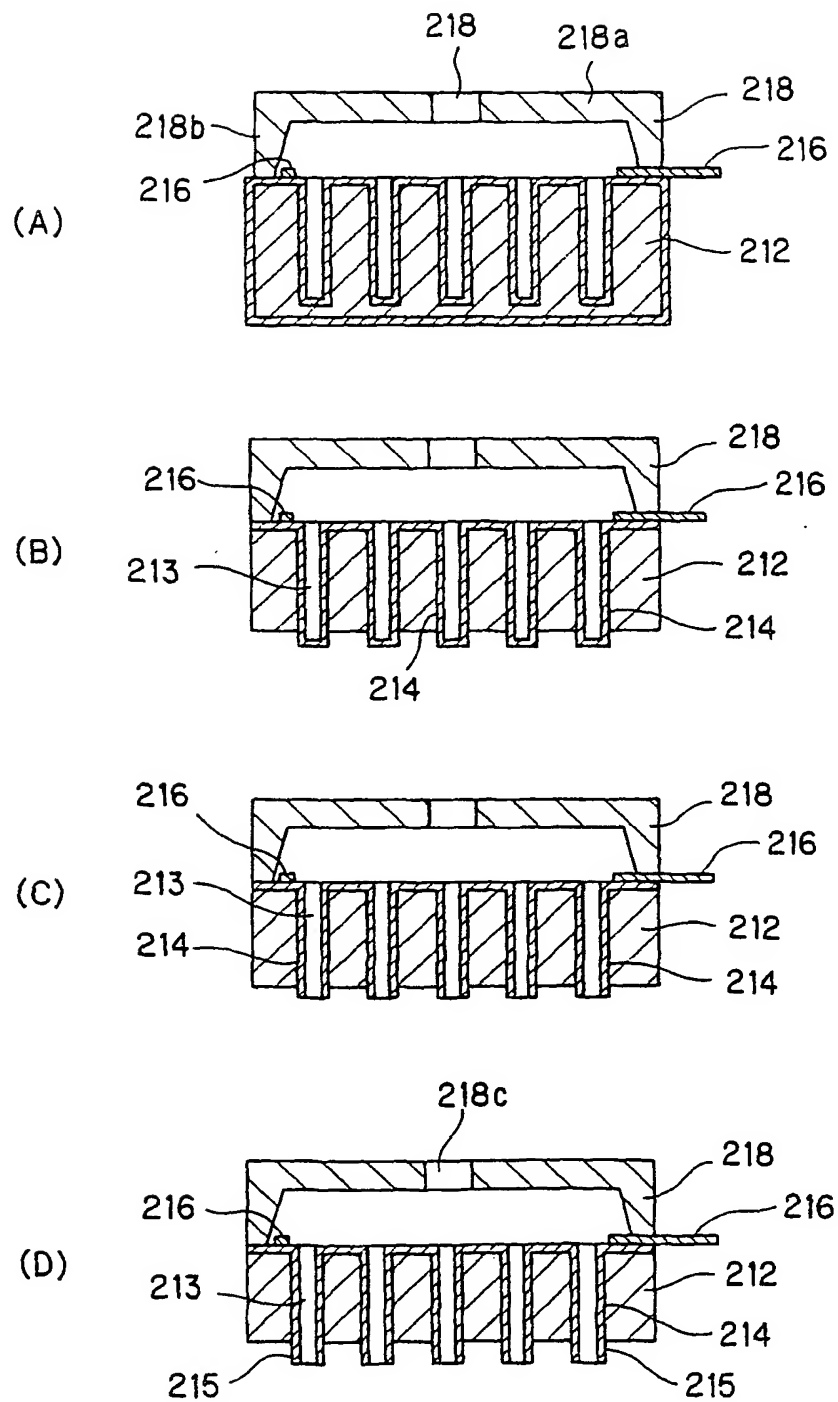


FIG. 63





54/59

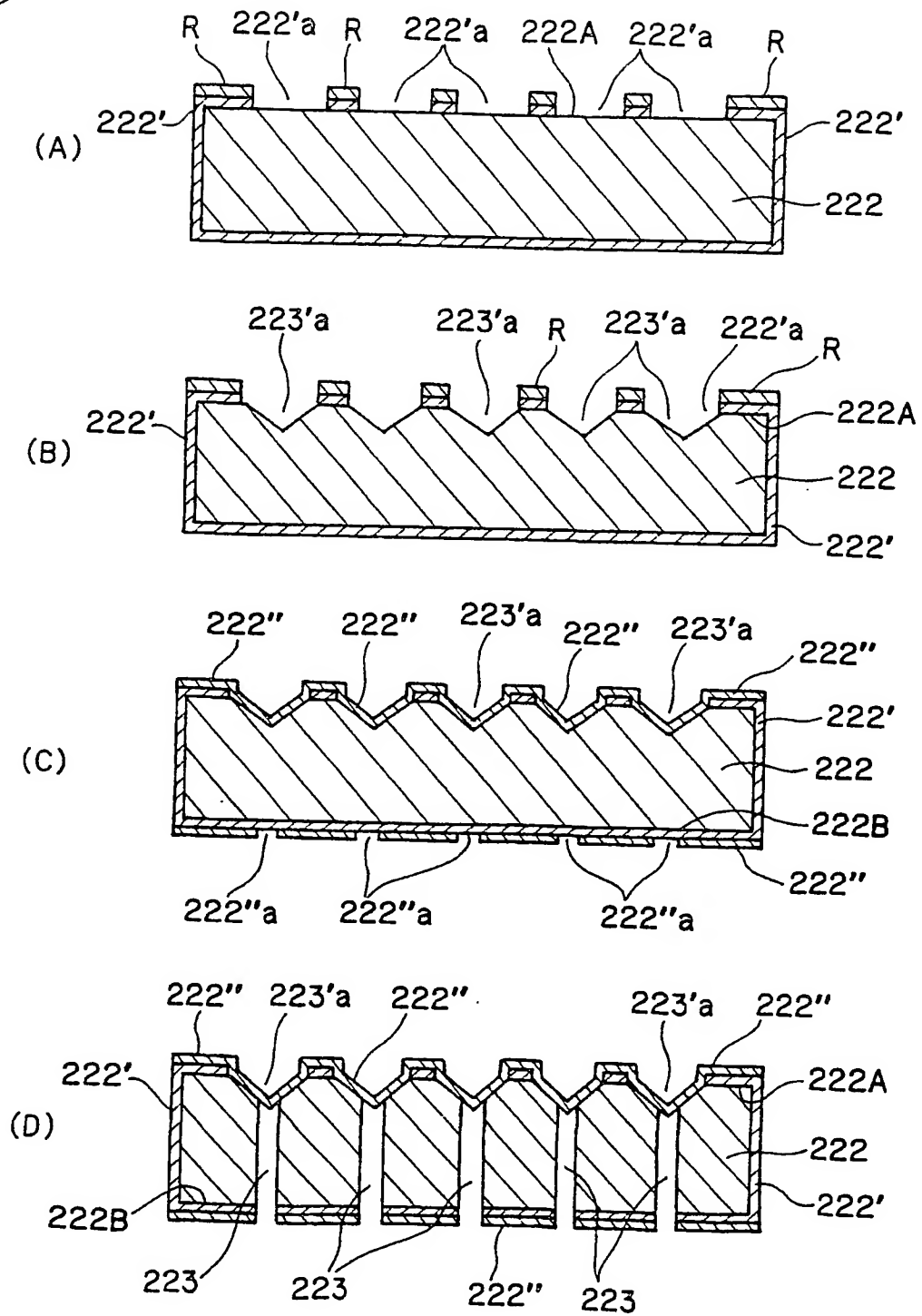
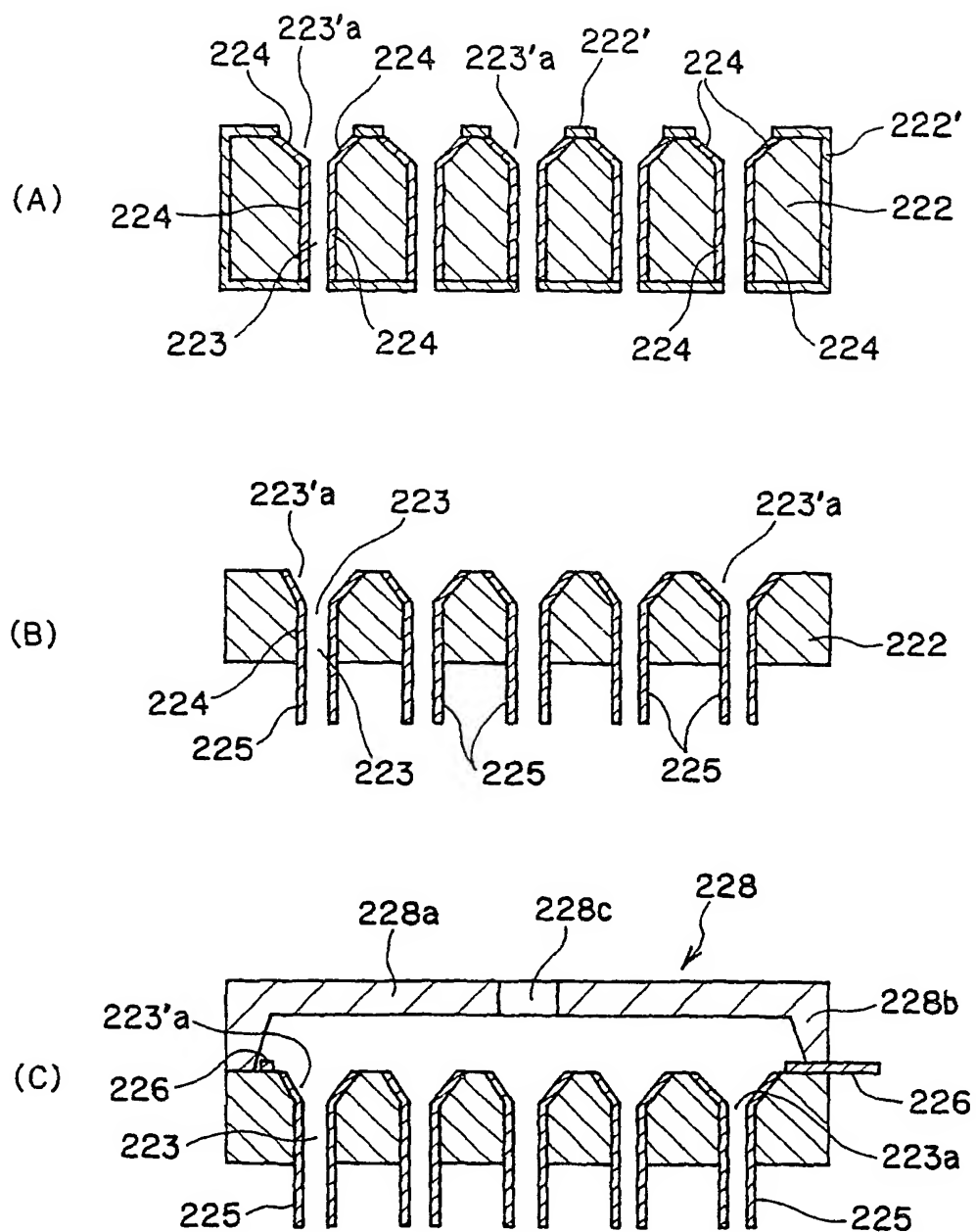


FIG. 64



55/59





56 / 59

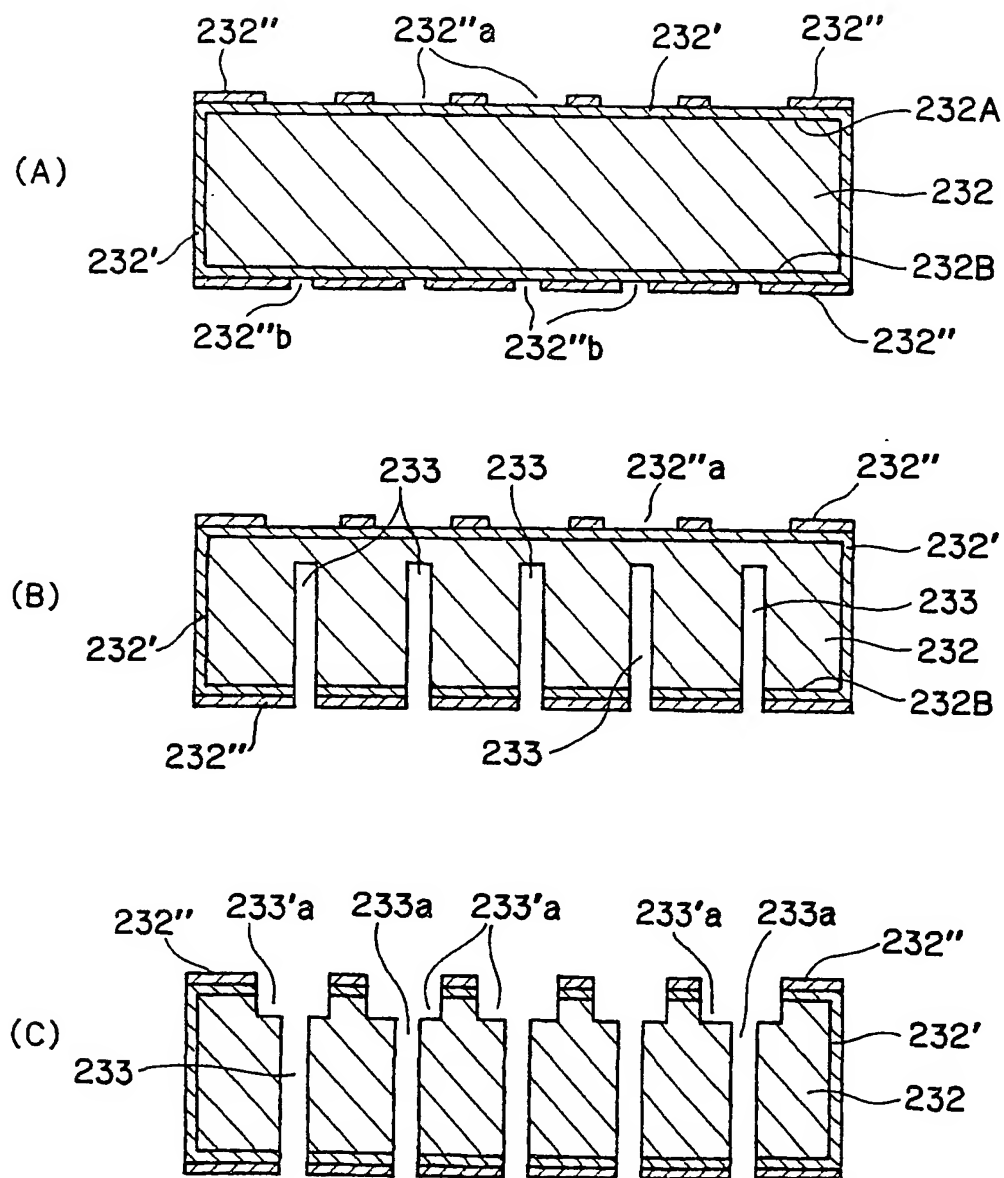


FIG. 66



57/59

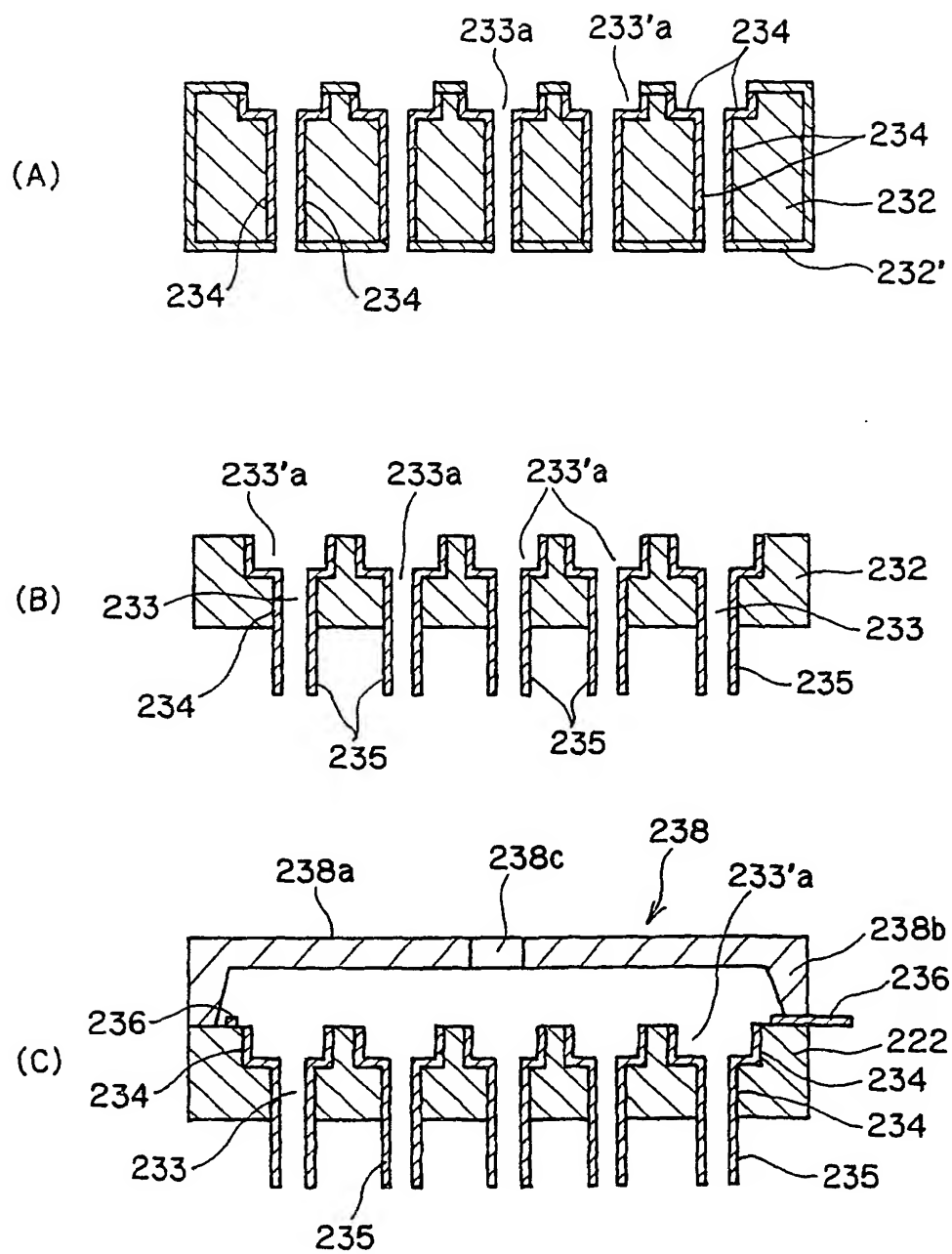


FIG. 67

2

7

2

7



58/59

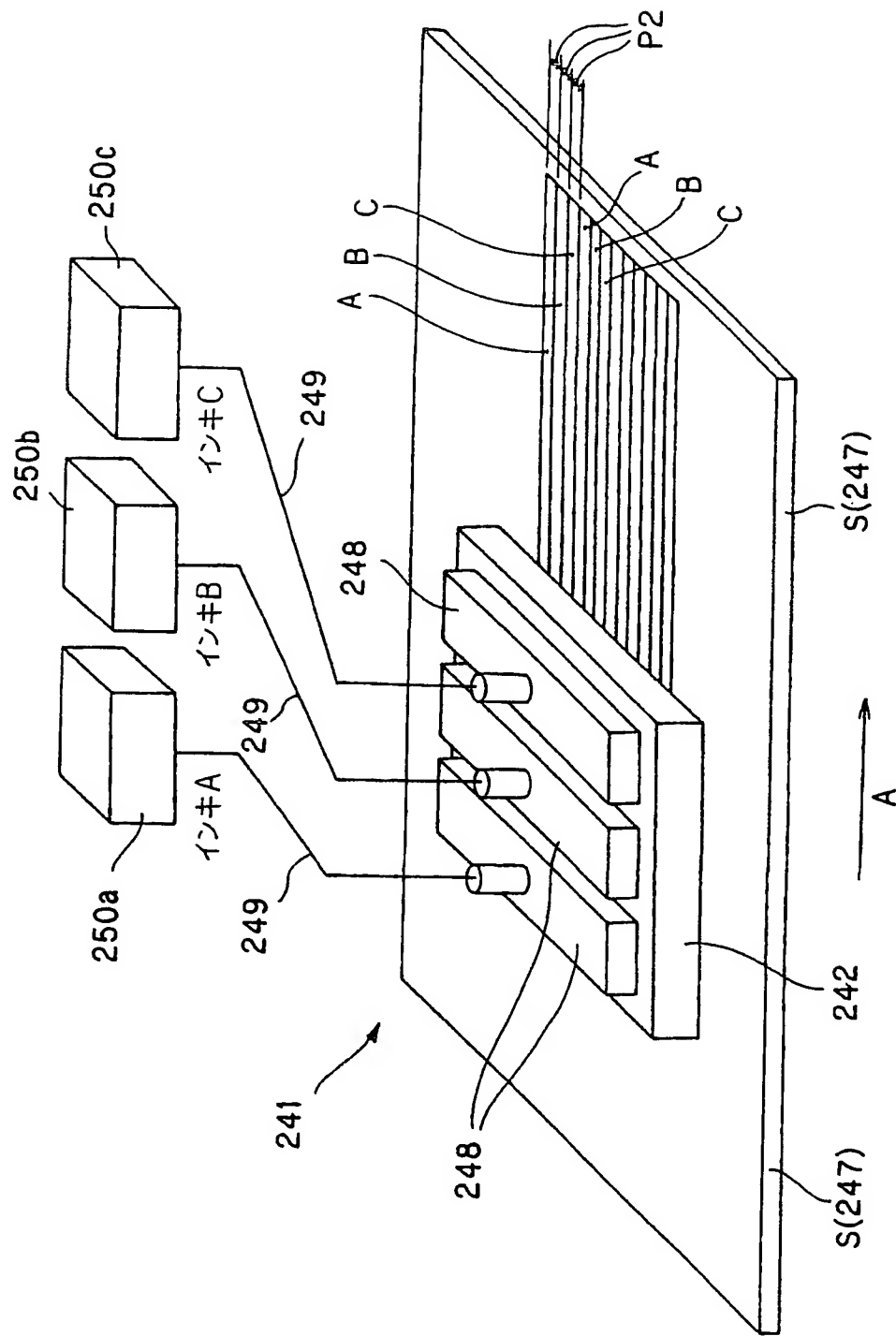


FIG. 68



59/59

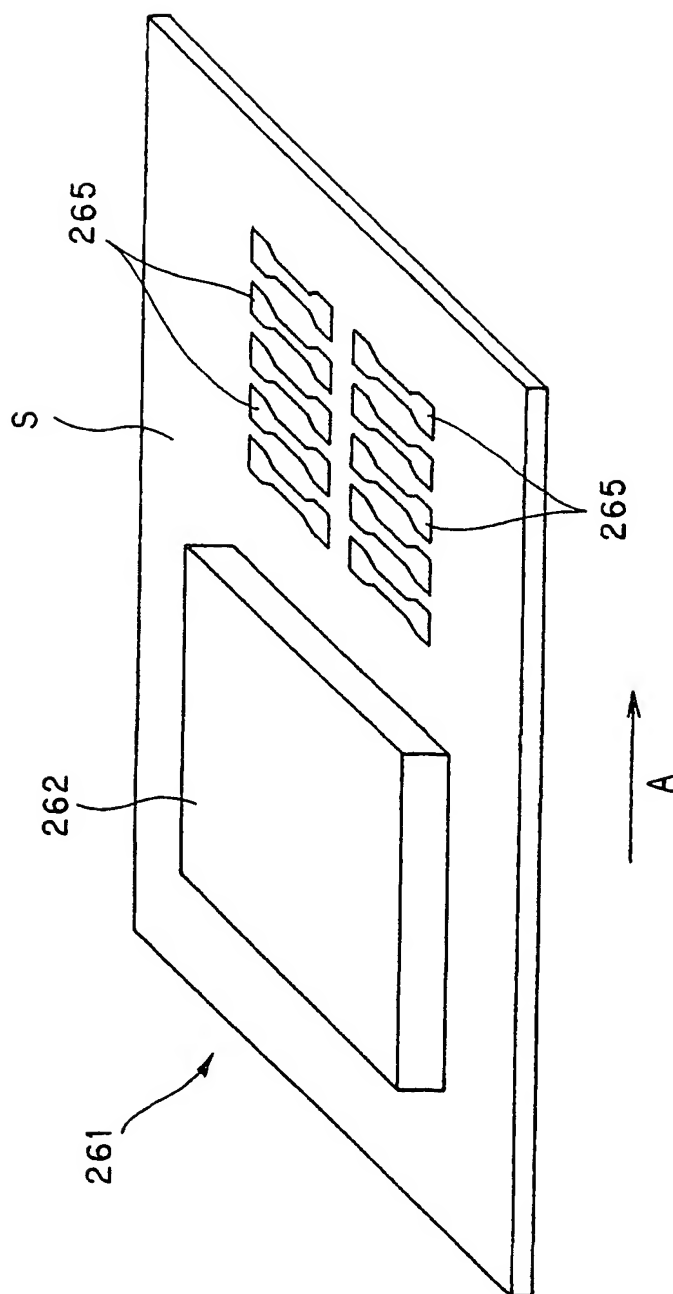


FIG. 69



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-290746  
(43)Date of publication of application : 26.10.1999

(51)Int.Cl. B05C 5/00  
B05B 1/14

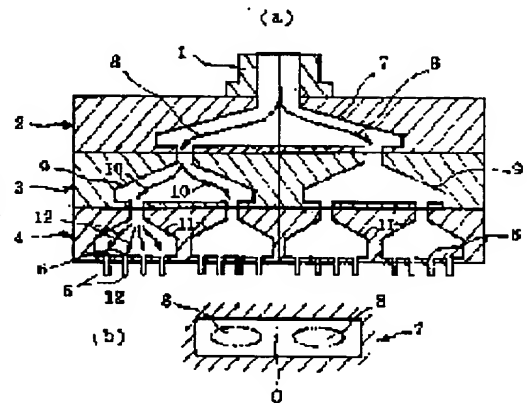
(21)Application number : 10-094542 (71)Applicant : MUSASHI ENG CO LTD  
(22)Date of filing : 07.04.1998 (72)Inventor : IKUSHIMA KAZUMASA

## (54) DISCHARGE PASSAGE STRUCTURE OF FLUID

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To uniformize a discharge quantity at all discharge port etc., by providing plural step flow passage branching parts branching the flow passage between one inlet of the fluid and plural discharge ports and making each length of the branched passage in each flow passage branching part almost equal.

SOLUTION: The liq. flowed into the passage from on inlet joint 1 being the fluid inlet is branched to two branched passages 8 uniform and having equal length at one flow passage branching part 7 provided at the first step branching step 2. The liq. is allowed to flow from the branching parts 8 to two flow passage branching parts 9 provided at the second step branching step 3, and the liq. is branched to two by two branched passages 10 uniform and having equal length at these branching parts 9. Then the liq. is branched to four by four branched passages 12 having almost equal length at four flow passage branching parts 11 formed at the third step branching step 4, and moreover, the length of the branched passages are made almost equal between one another of each flow passage branching part placed in the same branching step.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.08.2000  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-290746

(43)公開日 平成11年(1999)10月26日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 0 5 C 5/00

1 0 1

B 0 5 C 5/00

1 0 1

B 0 5 B 1/14

B 0 5 B 1/14

Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平10-94542

(22)出願日

平成10年(1998)4月7日

(71)出願人

390026387

武蔵エンジニアリング株式会社

東京都三鷹市井口1-11-6

(72)発明者

生島 和正

東京都三鷹市井口1-11-6 武蔵エンジニアリング株式会社内

(74)代理人

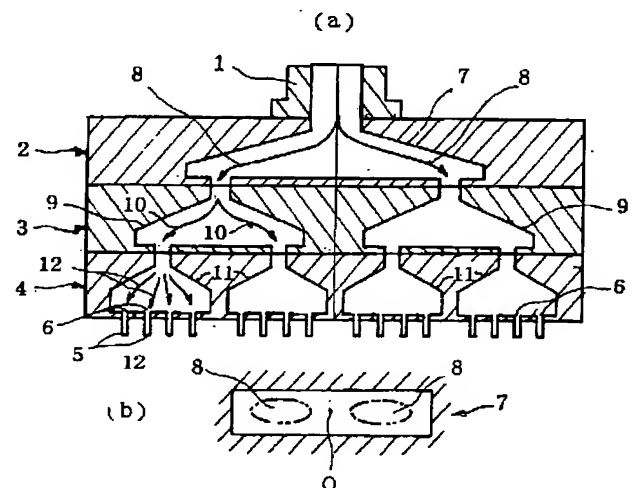
弁理士 小川 順三 (外1名)

(54)【発明の名称】 流体の吐出路構造

(57)【要約】

【目的】一の流体流入口に対する複数個の吐出口の相対位置のいかんにかかわらず、全ての吐出口からの流体吐出量を十分均一なものとする。

【解決手段】一の流体流入口1から複数個の吐出口6までの間に、複数段2、3、4の流路分岐部7、9、11を設け、各流路分岐部内の分岐路8、10、12の長さをもにほぼ等しくしてなる。







## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体の一の流入口から複数個の吐出口に至るまでの間に、流路を分岐させる複数段の流路分岐部を設け、各流路分岐部内のそれぞれの分岐路の長さをともにほぼ等しくしてなる流体の吐出路構造。

【請求項2】 同一の分岐段内のそれぞれの流路分岐部の相互間で、分岐路の長さをともにほぼ等しくしてなる請求項1に記載の流体の吐出路構造。

【請求項3】 それぞれの分岐路の、流路分岐部内表面からの距離をともにほぼ等しくしてなる請求項1もしくは2に記載の吐出路構造。

【請求項4】 それぞれの分岐路の、流路分岐部中心からの距離をともにほぼ等しくしてなる請求項1～3のいずれかに記載の吐出路構造。

【請求項5】 それぞれの分岐路を、流路分岐部の中心からともにほぼ等しい距離に、その中心に対して点対称に配置してなる請求項1～4のいずれかに記載の吐出路構造。

【請求項6】 それぞれの分岐路を、流路分岐部の中心線からともにほぼ等しい距離に、その中心線に対して線対称に配置してなる請求項1～5のいずれかに記載の吐出路構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、流体等を、複数個の吐出口からまたは、そこに装着したノズルから吐出するに用いて好適な流体の吐出路構造に関するものであり、とくに、それぞれの吐出口からの吐出量を十分均一ならしめるものである。

## 【0002】

【従来の技術】たとえば、接着剤、電子材料等の液状物質を能率的に定量吐出したり、塗布したりする場合に用いられる吐出路としては、図4に略線縦断面で例示するように、1の流入口101から流入させた液状物質を、所要個数の吐出口102まで自然に分岐流動させ、それらの各吐出口102に装着したノズル103から、ノズル103の運動下で液状物質を同時に吐出させるものがある。

【0003】ところで、このような従来技術において、ノズル103を図示のように横一列に配設した場合には、液状物質が、一の流入口101からそれぞれの吐出口102に至るまでの分岐流路の長さが吐出口102の位置によって異なることに加え、分岐流路の長いものほど大きな流動抵抗を受けて圧力損失が大きくなること等に起因して、ノズル103からの液状物質の吐出量が、分岐流路の長さの短い中央部分で多く、端部に向けて次第に減少するという、吐出量ないしは塗布量のばらつきの問題を生じ、この傾向は、粘性の小さい液体、圧縮性を有する気体についてもほぼ同様である。

【0004】この発明は、従来技術が抱えるこのような問題点を解決することを課題として検討した結果なされ

たものであり、その目的とするところは、一の流入口から流入させた液体を、複数個の吐出口または、そこに装着したノズルから吐出するに当たり、流入口に対する吐出口の相対位置のいかにかわらず、全ての吐出口等での吐出量を十分均一にすることができる流体の吐出路構造を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明の、流体の吐出路構造は、流体の一の流入口から複数個の吐出口に至るまでの間に、流路を分岐させる複数段の流路分岐部を設け、各流路分岐部内のそれぞれの分岐路の長さをともにほぼ等しくしたものである。

【0006】ここで好ましくは、同一の分岐段内のそれぞれの流路分岐部の相互間で、分岐路の長さをともにほぼ等しくする。これによれば、一の流入口から流入した流体が、それぞれの吐出口に達するまでの分岐路のトータル長さが、流路分岐部の段数の多少にかかわらず、また、それぞれの吐出口の配置位置のいかにかわらず、実質的に等しくなり、結果として、流体がどの分岐路を通る場合でも圧力損失がほぼ等しくなるので、それぞれの吐出口からの流体吐出量を十分均一なものとすることができる。

【0007】ところで、各流路分岐部内でのそれぞれの分岐路の長さがほぼ等しい場合であっても、流路分岐部の横断面内の内輪郭形状との関連において、それぞれの分岐路の圧力損失を十分等しくできないおそれもあるので、より好ましくは、それぞれの分岐路の、流路分岐部内表面からの距離および、流路分岐部中心からの距離の少なくとも一方をともにほぼ等しくして、それぞれの分岐路の圧力損失を一層均等ならしめる。そしてこのことは、それぞれの分岐路を、流路分岐部の中心からともにほぼ等しい距離に、その中心に対して点対称に配置した場合および、流路分岐部の中心線からともにほぼ等しい距離に、その中心線に対して線対称に配置した場合にもまた効果的である。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下に、この発明の実施の形態を図面に示すところに基づいて説明する。図1は、この発明の実施の形態を示す図であり、図1(a)は略線縦断面図であり、図1(b)は、一の流路分岐部の略線横断面図である。これは、入口継手1から流入する液体の流路を、三段の分岐段2、3、4のそれぞれにて分岐させて、一列に並ぶ総計16本のノズル5から吐出させる場合について示す。従ってここでは、流体流入口としての一の入口継手1から流入した液体は、16個の吐出口6へ分岐流動されることになり、その分岐の態様は、第一段目の分岐段2に設けた一の流路分岐部7で、液体を二本の、均等にして実質的に等長の分岐路8に分岐させ、第二段目の分岐段3に設けた二つの流路分岐部9のそれぞれで、液体をさらに二本ずつの、均等にして実質的に等



長の分岐路10に分岐させ、そして、第三段目の分岐段4に形成した四つの流路分岐部11で四本ずつのほぼ等長の分岐路12に分岐させ、さらに、同一の分岐段内に位置するそれぞれの流路分岐部の相互間でもまた分岐路の長さをともにほぼ等しくしたものである。

【0009】ここで、それぞれの流路分岐部7、9における液体の均等なる分岐のためには、流路分岐部7を例にとって図1(b)に横断面図で示すように、仮想線で囲んで示すそれぞれの分岐路8が、流路分岐部7の内表面からともに等しい距離に存在し、また、流路分岐部7の中心Oからもともに等しい距離に存在する配置構成とすることが好ましく、これによれば、いずれの分岐路8を流動する液体も、ともにほぼ等しい液体摩擦、流路摩擦等を受けることになり、圧力損失もまたほぼ等しくなるので、両分岐路8からの次の分岐段3への液体吐出量は実質的に等しくなり、このことは、第二段目の分岐段3から第三段目の分岐段4への液体吐出量についても同様である。

【0010】ところで、第三段目の分岐段4における流路分岐部11では、液体を四本の分岐路12に分岐させていることから、中央寄りの二本の分岐路12の長さが他の二本のそれより必然的に短くなるが、そもそも、この流路分岐部11内の分岐路長さは、各分岐路8、10、12のトータル長さに対してはるかに小さいものであるため、流路分岐部11内での分岐路12の長さの違ひは、そのトータル長に対してほとんど無視し得る程度のものであり、従って、それぞれの吐出口6、ひいては、ノズル5からの液体吐出量もまた十分均等なものとなる。

【0011】なお、吐出量精度のより一層の向上のためには、第三段目の分岐段4の流路分岐部11での分岐路本数を二本とし、さらに付加した第四段目の分岐段の流路分岐部にさらに二本の分岐路を設けることも可能であり、これによれば、入口継手1から吐出口に至るまでの間のそれぞれの分岐路のトータル長さをより等しいものとすることができる。

【0012】以上のように構成したところによれば、入口継手1から流路分岐部7へ流入した液体は、二つに分岐されて、ともにほぼ等しい圧力損失の下で、それぞれの流路分岐部9へ流入し、それらのそれぞれにおいても同様に二つに分岐され、しかも、両流路分岐部9の相互間にもほぼ等しい圧力損失にてそれぞれの流路分岐部11へ流入し、四本ずつの分岐路12からそれぞれの吐出口6を経てノズル5から吐出されることになり、ここでは、各分岐路8、10、12のトータル長さがほぼ等しくなっており、各分岐路を通る液体の圧力損失がいずれもほぼ等しくなるので、それぞれのノズル5からの液体吐出量を高い精度で均一化させることができる。そしてこのことは、全てのノズル5を一列に並列配置することに代えて、それらのノズルを千鳥状に配置した場合にも同様である。

【0013】図2、3はそれぞれ、流路分岐部、なかでも流路分岐部7、9における流路の他の分岐形態を示す略線横断面図であり、これらはいずれも、流路分岐部7を例として、その横断面内の内輪郭形状を円形、正方形、正三角形とした場合に、図に仮想線で囲んで示すそれぞれの分岐路8の、任意の横断面内で、流路分岐部7の内表面および中心のそれぞれからの距離をともに等しくしたものである。ここで、図2に示すそれぞれの分岐路8は、流路分岐部7の中心Oからの距離をともにほぼ等しくするとともに、その中心Oに対して点対称に位置するものであり、また、流路分岐部7の中心線からの距離をともにほぼ等しくし、その中心線を通るとともに二個の分岐路を通る平面内で、中心線に対して線対称に位置するものである。

【0014】ところで、最終段の分岐段の流路分岐部に設ける分岐路としては、ノズルの前後、左右等の二次元の吐出もしくは塗布運動に際して、吐出もしくは塗布軌跡が重複するおそれの少ない図3に示す配置構成の方が好ましい。

【0015】

【実施例】ノズル数を30本、ノズル間隔を3mmとするとともに、分岐段を3段としたこの発明に係る吐出路構造を用いて、フィラー入りの接着材を吐出した場合における、ノズル間の吐出量の最大ばらつき率を求めたところ、この発明の実施例では19.5%であったところ、図4に示す従来技術に基づき同数のノズルを1mm間隔で配置した場合の最大ばらつき率は27.5%であった。従って、この実施例では、ノズル間隔を3倍としてなお、ばらつき率を5/7程度にまで低減させることが可能となった。

【0016】

【発明の効果】かくしてこの発明によれば、流体の一流入口から複数個の吐出口に至るまでの間のそれぞれの分岐路のトータル長さをほぼ等しくすることで、どの分岐路を通る流体の圧力損失をもほぼ等しくして、それぞれの吐出口から吐出される流体の吐出量を高い精度で均一化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態を示す略線縦断面図および横断面図である。

【図2】分岐路の他の配置態様を示す略線横断面図である。

【図3】分岐路のさらに他の配置態様を示す略線横断面図である。

【図4】従来技術を示す略線縦断面図である。

【符号の説明】

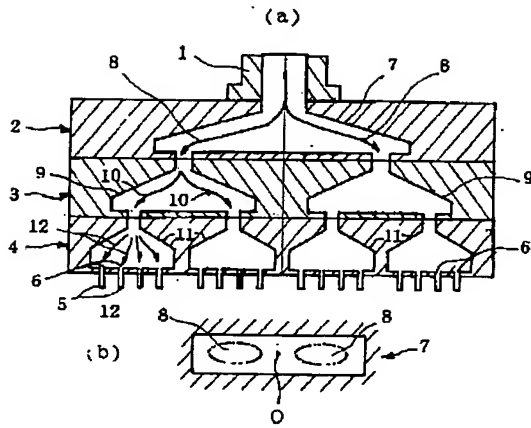
- 1 入口継手
- 2, 3, 4 分岐段
- 5 ノズル
- 6 吐出口



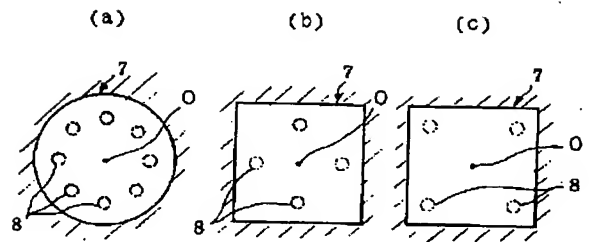
7, 9, 11 流路分岐部

8, 10, 12 分岐路

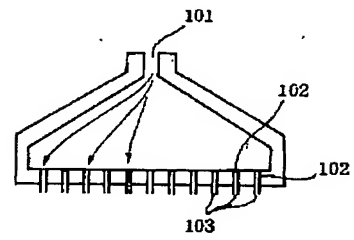
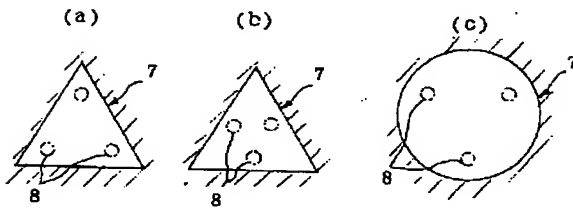
【図1】



【図2】



【図3】



1

1